

REGIANE BORSATO

**VARIAÇÃO GENÉTICA EM *Pinus greggii* Engelm.
E SEU POTENCIAL PARA REFLORESTAMENTO
NO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Antonio José de Araujo

CURITIBA

2000



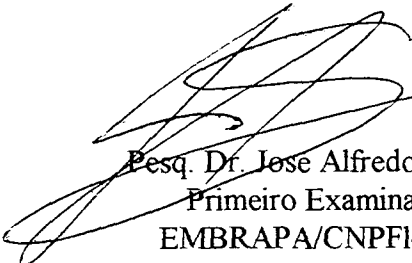
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

PARECER DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 307


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **REGIANE BORSATO** sob o título "**VARIAÇÃO GENÉTICA EM *Pinus greggii* Engelm. E SEU POTENCIAL PARA REFLORESTAMENTO NO SUL DO BRASIL.**", para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **SILVICULTURA**.

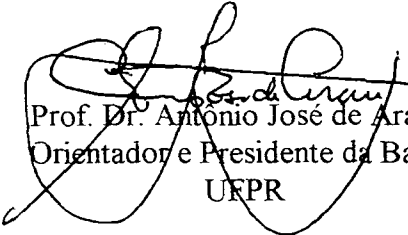
Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidata são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação.

Curitiba, 12 de Setembro de 2000


Pesq. Dr. José Alfredo Sturion
Primeiro Examinador
EMBRAPA/CNPFloresta




Prof. Dr. José Sebastião Cunha Fernandes
Segundo Examinador
UFPR


Prof. Dr. Antônio José de Araújo
Orientador e Presidente da Banca
UFPR

**À minha avó
Mercedes Gnatta Borsato
(In memorian)**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao professor Antonio José de Araujo, pela orientação e confiança;

Ao pesquisador e co-orientador Jarbas Y. Shimizu, pelo tempo e valiosas contribuições para a dissertação;

Ao pesquisador e co-orientador Marcos Deon Vilela de Resende, pelo exemplo e importantes esclarecimentos no decorrer das análises;

Às empresas EMBRAPA, Klabin Paraná Papéis, Klabin Celucat, Rigesa Celulose Papel e Embalagens Ltda, Placas do Paraná S/A e CAMCORE, pela cessão dos dados;

Aos engenheiros Paulo Kikuti e Ivone Namikawa Fier, pelas sugestões apresentadas;

Ao professor José Sebastião Cunha Fernandes e ao pesquisador José Alfredo Sturion pelas contribuições ao trabalho;

Aos meus pais e minha família, pelo carinho dispensado em todos os momentos;

Ao Paulo Sérgio Marquardt, pela paciência e apoio;

Às amigas Rosana Renner, Eliane F. Young Blood e Ana Maria Moura, pelos auxílios prestados;

Ao amigo Admir Lopes Mora, pelo tempo precioso e pela imensurável boa vontade em ensinar e ajudar nos momentos mais difíceis;

A todos os amigos e pessoas que se fizeram presentes, mas que por alguma falha não foram citados;

Meu muito obrigada.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1	<i>Pinus greggii</i> Engelm.	5
2.2	Comportamento de <i>P. greggii</i> como espécie exótica	9
2.3	A madeira de <i>P. greggii</i> como produto sólido e para a produção de polpa e papel	12
2.4	Melhoramento genético florestal	14
2.4.1	Parâmetros genéticos	14
2.4.2	Interação entre genótipo e ambiente	16
2.4.3	Seleção pelo índice multi-efeitos	18
2.4.4	A forma do fuste e seu melhoramento	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	Coleta de dados	21
3.2	Análises de variância individual e conjunta	30
3.3	Progresso esperado com a seleção	34
3.4	Eficiência da seleção indireta em relação à seleção direta	38
3.5	Classificação da forma do fuste	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Análises de variância individuais e comparações de médias entre procedências de <i>P. greggii</i> e testemunhas	42
4.2	Interação entre genótipo e ambiente	51
4.3	Estimativa da herdabilidade	64
4.4	Progresso esperado com a seleção pelo índice multi-efeito	66
4.5	Correlação genética entre locais e eficiência da seleção	67
4.6	Forma do fuste	70
5	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Características dos locais de coleta de sementes de <i>P. greggii</i>	22
TABELA 2: Procedências e progênes de <i>P. greggii</i> testadas em cada local	25
TABELA 3: Testemunhas utilizadas nos locais de experimentação	26
TABELA 4: Informações da localização dos testes de procedência e progênie de <i>P. greggii</i> no Brasil	27
TABELA 5: Componentes de variância para o modelo utilizado na análise individual	31
TABELA 6: Estrutura da análise de variância conjunta para o modelo definido envolvendo progênes e locais	34
TABELA 7: Estrutura da análise de variância conjunta para o modelo definido envolvendo procedências e locais	34
TABELA 8: Análise de variância do DAP entre procedências e progênes de <i>P. greggii</i> em Telêmaco Borba, PR, aos três anos de idade	43
TABELA 9: Análise de variância do DAP entre procedências e progênes de <i>P. greggii</i> em Ponta Grossa, PR, aos três anos de idade	46
TABELA 10: Análise de variância do DAP entre procedências e progênes de <i>P. greggii</i> em Campo do Tenente, PR, aos três anos de idade.....	48
TABELA 11: Análise de variância do DAP entre procedências e progênes de <i>P. greggii</i> em Correia Pinto, SC, aos três anos de idade	49
TABELA 12: Análise de variância conjunta das progênes de <i>P. greggii</i> nos quatro locais de estudo para a variável DAP	52
TABELA 13: Classificação fenotípica das progênes de <i>P. greggii</i> segundo o DAP, em diferentes locais, aos três anos de idade	54
TABELA 14: Análise de variância conjunta do DAP das progênes de <i>P. greggii</i> nos pares de locais aos três anos de idade	55
TABELA 15: Coeficiente de correlação de Spearman entre progênes de <i>P. greggii</i> para DAP nos locais de avaliação	58

TABELA 16: Análise de variância conjunta em DAP das procedências em <i>P. greggii</i> para quatro locais de estudo	58
TABELA 17: Médias do DAP em <i>P. greggii</i> para as progênes comuns aos locais aos três anos de idade	59
TABELA 18: Análise de variância conjunta do DAP das procedências de <i>P. greggii</i> nos pares de locais aos três anos de idade ..	61
TABELA 19: Estimativas da herdabilidade ao nível de indivíduo no bloco e indivíduo no experimento do DAP aos três anos de idade, de três procedências de <i>P. greggii</i> em quatro ambientes	64
TABELA 20: Coeficientes de variação genética e do erro experimental em ensaios de <i>P. greggii</i> , aos três anos de idade, incluindo as procedências El Madroño, Laguna Atezca e Laguna Seca	65
TABELA 21: Herdabilidades do DAP ao nível de indivíduo no bloco e indivíduo no experimento em <i>P. greggii</i> aos três anos de idade para as procedências do centro-leste do México	66
TABELA 22: Ganhos genéticos (%) em DAP decorrentes da seleção através do índice multi-efeitos no experimento para quatro locais	67
TABELA 23: Correlação genética entre locais a partir de progênes e procedências de <i>P. greggii</i>	68
TABELA 24: Eficiência em ganho genético das seleções diretas e indiretas envolvendo os locais	69
TABELA 25: Frequência das notas de forma em <i>P. greggii</i> nos locais de avaliação	71
TABELA 26: Coeficiente de correlação de Spearman para a forma entre progênes de <i>P. greggii</i> nos locais de avaliação	71
TABELA 27: Classificação fenotípica das progênes de <i>P. greggii</i> para a forma nos locais de avaliação	72
TABELA 28: Análise de variância individual da forma entre procedências e progênes de <i>P. greggii</i> nos quatro locais de estudo	74
TABELA 29: Herdabilidade da forma ao nível de indivíduo no bloco e indivíduo no experimento em <i>P. greggii</i> para as procedências do centro-leste do México	75
TABELA 30: Ganhos genéticos (%) na forma de <i>P. greggii</i> decorrentes da seleção através do índice multi-efeitos no experimento	76

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1:	Teste de procedência e progênie de <i>P. greggii</i> . 10 anos de idade, Paraná	11
FIGURA 2:	Mapa de localização das origens das sementes de <i>P. greggii</i> , no México, incluídas nos experimentos de procedências e progênies no Brasil	23
FIGURA 3:	Mapa de localização dos testes de procedência e progênie de <i>P. greggii</i> incluídos no estudo	28
FIGURA 4:	Representação das formas de fuste de <i>P. greggii</i> segundo o critério de notas utilizado	41
FIGURA 5:	Crescimento de progênies de <i>P. greggii</i> representado para os pares de locais: Telêmaco Borba - Correia Pinto, Telêmaco Borba - Ponta Grossa e Telêmaco Borba - Campo do Tenente	56
FIGURA 6:	Crescimento de progênies de <i>P. greggii</i> representado para os pares de locais: Correia Pinto - Ponta Grossa, Correia Pinto - Campo do Tenente, Ponta Grossa - Campo do Tenente	57
FIGURA 7:	Crescimento de procedências de <i>P. greggii</i> representado para os pares de locais: Telêmaco Borba - Correia Pinto, Telêmaco Borba - Ponta Grossa, Telêmaco Borba - Campo do Tenente	62
FIGURA 8:	Crescimento de procedências de <i>P. greggii</i> representado para os pares de locais: Correia Pinto - Ponta Grossa, Correia Pinto - Campo do Tenente, Ponta Grossa - Campo do Tenente	63
FIGURA 9:	<i>P. greggii</i> em teste de procedência e progênie. Paraná, 10 anos de idade	77

RESUMO

A introdução de espécies exóticas no Brasil possibilitou o aumento da produtividade florestal, reduzindo a pressão sobre as florestas nativas. Enquanto algumas destas espécies têm o seu potencial comprovado, sendo plantadas em larga escala, há outras com comportamento pouco conhecido e variação genética inexplorada. *Pinus greggii* Engelm. ocorre em duas regiões distintas do México, sendo que os indivíduos da região centro-leste aparentam possuir potencial para reflorestamento no sul do Brasil. Este trabalho teve como objetivos: comparar o desempenho de procedências de *P. greggii* com *P. taeda* e *P. elliottii*; determinar sua variação genética em crescimento e forma; estimar os progressos esperados com a seleção; e determinar as possibilidades de utilização da seleção indireta em quatro locais no sul do Brasil. Foram utilizados dados de crescimento (DAP) aos três anos de idade, bem como dados de forma de fuste a partir de avaliações realizadas em plantios com 8 anos de idade em Telêmaco Borba, com três anos em Ponta Grossa e Campo do Tenente e com 5 anos de idade em Correia Pinto. Todos os testes foram estabelecidos a partir de sementes coletadas pela CAMCORE (Central America and Mexico Coniferous Resource). Algumas procedências da região norte do México, onde as condições geográficas são adversas às condições experimentais, foram incluídas nos experimentos de Ponta Grossa e Campo do Tenente. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso no arranjo de famílias compactas. Os dados de crescimento foram analisados individualmente para cada local e, em conjunto. Em cada local estimou-se o ganho genético a partir da seleção dos 30 indivíduos com maiores valores genéticos, obtidos através do índice multi-efeitos. O crescimento de *P. greggii* procedente da região centro-leste do México foi superior ao do *P. taeda* em Telêmaco Borba, Campo do Tenente e Ponta Grossa, semelhante em Correia Pinto e superior ao do *P. elliottii* nos locais onde esta testemunha foi incluída. A variação genética, considerando o caráter forma de fuste, foi significativa em todas as procedências, independente do local em estudo. Considerando o crescimento, a variação genética foi também significativa, à exceção da procedência Laguna Atezca em Telêmaco Borba e Campo do Tenente, e da procedência El Madroño em Correia Pinto. Os indivíduos que alcançaram as melhores notas com relação à forma de fuste foram associados em 50% à procedência Laguna Atezca, enquanto 60% dos indivíduos com problemas de forma foram associados à procedência Laguna Seca. O ganho genético estimado para crescimento foi de 8,7% em Campo do Tenente, 12,0% em Correia Pinto, 13,3% em Telêmaco Borba e 22,0% em Ponta Grossa. As análises indicaram interação entre genótipo e ambiente de alta magnitude entre Ponta Grossa e os demais locais. Não foi detectada interação entre genótipo e ambiente entre Telêmaco Borba e Campo do Tenente, e entre Telêmaco Borba e Correia Pinto. Observou-se que o material genético selecionado em Telêmaco Borba (seleção genética ao nível de indivíduo) poderia atender os locais Correia Pinto e Campo do Tenente com acréscimo de 24% e 13%, respectivamente, na eficiência de seleção em relação à seleção direta nesses locais. Por outro lado, a seleção em Campo do Tenente ou em Correia Pinto para o plantio em Telêmaco Borba, reduziria a eficiência da seleção em 28% em relação à seleção direta neste local. Considerando os quatro locais estudados, os materiais de Ponta Grossa e

Telêmaco Borba atenderiam a um programa de melhoramento genético com a referida espécie, envolvendo os ambientes estudados, a partir da seleção direta para plantio em Ponta Grossa e Telêmaco Borba e, indireta, em Telêmaco Borba, para plantio em Correia Pinto e Campo do Tenente. As procedências do norte do México não apresentaram crescimento satisfatório nos locais testados. As procedências de *P. greggii* da região centro-leste do México apresentam potencial de crescimento para plantios comerciais no sul do Brasil. Quanto à forma, poderia se elevar a média da população a partir de um programa de melhoramento, considerando-se a variabilidade existente para o caráter.

ABSTRACT

Exotic tree species have been introduced in Brazil reducing pressure on native forests and promoting an increase on productivity. Some of these species have their genetic potential known while others were not studied yet. *Pinus greggii* Engelm. is native from northern and central regions of Mexico. Provenances from the central region seems to have good growth in Brazil, although stem problems have been observed. The targets of this research were to compare *P. greggii* development with *P. taeda* and *P. elliottii*; to determine its genetic variation; to estimate genetic gain through selection and to determine if there is advantage in using indirect selection for four locations in Southern Brazil. Three-year-old DBH data were used from tests in Paraná and Santa Catarina. A scale was established to assess stem form. This trait was evaluated using data collected from three-year-old tests in Ponta Grossa and Campo do Tenente, five-year-old test in Correia Pinto and eight-year-old test in Telêmaco Borba. All the tests were established using CAMCORE (Central America and Mexico Coniferous Resource) seeds. The experiments were arranged in compact family blocks with 3 m x 3 m spacing. Genetic gain estimates considered the selection of the 30 trees with highest genetic values. Development of central provenances of *P. greggii* was better than *P. taeda* in Telêmaco Borba, Ponta Grossa and Campo do Tenente, similar in Correia Pinto and better than *P. elliottii* when this species was included. These results showed that *P. greggii* from central regions seems to have growth potential to forest plantations in the studied locations. Genetic variation in stem form was statistically significant for all provenances and locals. Growth genetic variation was also significant, but not for Laguna Atezca provenance in Telêmaco Borba and Campo do Tenente, and for El Madroño provenance in Correia Pinto. The best stems can be associated to the Laguna Atezca provenance and the worst ones to the Laguna Seca provenance. Estimated genetic gain in growth was 8,7% to Campo do Tenente, 12,0% to Correia Pinto; 13,3% to Telêmaco Borba and 22,0% to Ponta Grossa. There was no genotype-environment interaction between Telêmaco Borba – Campo do Tenente and Telêmaco Borba – Correia Pinto, but strong interaction between Ponta Grossa and the other locations. Probably Telêmaco Borba and Ponta Grossa could supply material to a breeding program through direct selection in each location and through indirect selection in Telêmaco Borba in order to plant in Campo do Tenente and Correia Pinto. This indirect selection, considering the trees with highest genetic values, would cause an increase in selection efficiency of 13% and 24% comparing to direct selection in Campo do Tenente and Correia Pinto, respectively.

1. INTRODUÇÃO

A introdução de espécies florestais exóticas no Brasil trouxe grandes benefícios para o aumento da oferta de matéria-prima e, principalmente, para a diminuição das intervenções em florestas nativas. A partir de 1966, com o surgimento dos incentivos fiscais para reflorestamento, as áreas de florestas plantadas no Brasil foram ampliadas e, atualmente, fornecem madeira para produção de celulose e papel, carvão vegetal, painéis de fibra e aglomerados, dentre outros.

O gênero *Pinus*, ao qual os melhoristas florestais vêm dedicando vários estudos, apresenta mais de 100 espécies (MIROV, 1967), existindo, ainda, um grande potencial a ser explorado. As espécies mais plantadas no Brasil são *P. taeda* e *P. elliottii*. Com vistas à exploração do potencial de outras espécies do gênero, com destaque às tropicais, a CAMCORE (Cooperativa de Recursos de Coníferas do México e América Central) coordena, em conjunto com diversas empresas florestais, a experimentação com estas espécies em vários países. A distribuição estratégica das sementes permite um complexo estudo do comportamento das espécies para diferentes situações e finalidades.

Principalmente para as empresas que dependem de reflorestamentos para manter suas fábricas em operação, tornam-se importantes os estudos sobre espécies alternativas, visando maior produtividade e segurança contra surtos de pragas e doenças. Além disto, é de suma importância o estudo de espécies que,

devido à sua adaptabilidade, possam ser utilizadas em sítios marginais, otimizando a área de produção.

A área disponível para plantios comerciais de espécies florestais, em todo o mundo, é restrita por limitações de ordem ambiental e por disputas por terra com a agricultura. Isto destaca a necessidade de testes de espécies alternativas, adaptadas a diferentes condições ambientais (KIETZKA et al., 1996). Esses estudos podem ser considerados, também, como um preparativo para a manutenção da produtividade florestal, a despeito de distúrbios climáticos (DVORAK et al., 1996).

Estudos na Argentina, África do Sul e Zimbabwe indicam que o *Pinus greggii* Engelm. apresenta potencial como alternativa para *P. patula*, *P. elliottii* e *P. taeda* (DVORAK & DONAHUE, 1992). Devido à sua resistência a condições de seca e frio (DVORAK et al., 1996), esta espécie, nativa do México, tornou-se alvo de interesse para um melhor acompanhamento. Experimentos vêm sendo realizados, no Brasil, visando determinar seu potencial para plantios em escala comercial, bem como estimar ganhos genéticos através de seleções. Apesar do desenvolvimento promissor que vem sendo observado nesses experimentos, são observados alguns indivíduos com formas atípicas, tendendo ao espiralamento. Esta característica merece atenção especial no sentido de verificar até que ponto é um fator limitante à utilização da espécie.

A importância de plantios comerciais de *P. greggii* vem crescendo na África do Sul, onde já é plantado numa escala de 1.000 ha/ano (KIETZKA et al., 1996). Como há uma pressão contínua para a conversão de áreas nativas de *P. greggii* em áreas de uso agrícola, deve-se frisar a importância de programas de conservação de germoplasma para que não se percam materiais genéticos de

valor estratégico. Este trabalho fornece subsídios para o planejamento de programas de melhoramento genético, uma vez que possibilita a determinação da variabilidade potencialmente útil e o valor silvicultural das procedências e progênes testadas.

A variação, medida e expressa como variância, é o fator principal quando se estuda o comportamento genético de características quantitativas (FALCONER, 1987). Muitos esforços vêm sendo feitos no sentido de se obter ganhos em características desta natureza, como em volume de madeira e produção de sementes. Com este intuito, testes de procedência e progênes, entre outros, vêm sendo estabelecidos no Brasil.

O *P. greggii* aparenta possuir variabilidade em termos de desenvolvimento em experimentação instalada no Paraná e Santa Catarina. Para confirmar esta hipótese, tornam-se necessárias observações e avaliações estatísticas, que permitam, também, identificar o material mais adequado para cada região. Além disso, são necessárias estimativas de parâmetros genéticos que permitam definir os ganhos possíveis de serem obtidos através da seleção e, conseqüentemente, a viabilidade de se implantar um programa de melhoramento com a espécie. Este trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- a) Comparar o desempenho de procedências de *P. greggii* com o de *P. taeda* e *P. elliottii* em quatro locais no Paraná e Santa Catarina;
- b) Determinar a variação genética em crescimento e forma entre e dentro de procedências de *P. greggii* no Paraná e Santa Catarina;
- c) Estimar os progressos esperados com a seleção e estabelecimento de pomar de sementes clonal de *P. greggii*;

- d) Determinar as possibilidades de utilização de seleção indireta para aumento da eficiência em ganho genético para o crescimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Pinus greggii* Engelm.

Pinus greggii, conhecido como “pino gabarato”, “pino gabaratillo” ou “pino prieto”, é um pinheiro endêmico do México que apresenta altura variada, geralmente entre 10 e 25 m e acículas de coloração verde-clara. A copa, irregularmente arredondada, pode apresentar os galhos inferiores na posição horizontal ou, ainda, de forma pendente, com os galhos tocando o chão (PERRY, 1991).

Do ponto de vista morfológico, *P. greggii* é muito semelhante ao *P. patula*, do qual pode ser diferenciado, segundo MIROV (1967), pelas acículas mais curtas, ásperas e eretas. Devido a essa semelhança, quando foi introduzido na África do Sul, vindo da Itália, em 1910, recebeu o nome de *P. pseudo-patula* (POYNTON, 1977). Outros autores, como PERRY (1991) e DONAHUE et al. (1995), citam, ainda, a semelhança morfológica de *P. greggii* com *P. attenuata* Lemon.

P. greggii distribui-se de forma limitada e descontínua pelas montanhas da Sierra Madre Oriental (norte e centro-leste do México), estando presente nos estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Hidalgo e Puebla. Sua principal ocorrência está nas baixas encostas das serras ao nordeste, entre as latitudes 20 °N e 26 °N e longitudes 98 °W e 101 °W, onde é encontrado, principalmente, em solos profundos, um tanto argilosos, em altitudes de 1.500 m a 2.500 m (POYNTON, 1977). Há duas populações distintas de *P. greggii*: uma na

região norte e outra no centro-leste do México. A do norte cresce menos, é mais resistente ao frio e à seca que a do centro-leste (CAMCORE, 1998). O intervalo de praticamente 400 km entre as duas ocorrências geográficas da espécie ainda não é bem explicado. Outras espécies, incluindo *P. patula*, são encontradas neste intervalo (DONAHUE & LOPEZ UPTON, 1996).

As populações de *P. greggii* do norte e do centro-leste, citadas por alguns autores como “população do norte” e “população do sul”, respectivamente, estão separadas por quase quatro graus de latitude, crescendo em ambientes distintos. A temperatura média anual registrada nas procedências do centro-leste, se situa em torno de 18 °C e, nas procedências do norte, em torno de 16,5 °C. Enquanto a precipitação média anual é de aproximadamente 730 mm no centro-leste, chegando a 1.438 mm em Laguna Atezca, situa-se em torno de apenas 418 mm ao norte. As diferenças geográficas entre as populações são acentuadas, também, no que se refere à altitude. As procedências do centro-leste situam-se em média a 1.580 m de altitude, enquanto que, as do norte, situam-se em média a 2450 m. O pH do solo, também, varia entre as regiões, indo de neutro a alcalino ao norte e se tornando mais ácido ao sul (DONAHUE, 1993).

Devido a essas diferenças ambientais entre as populações, foram realizados estudos para determinar variações morfológicas entre elas. Os resultados mostraram que as duas populações podem ser diferenciadas pela morfologia das sementes e acículas (DONAHUE & LOPEZ UPTON, 1996). Além de mais curtas, as acículas nas árvores do norte se apresentam mais rígidas e escuras do que nas do sul (DVORAK et al., 1996). Pode-se visualizar, ainda, com facilidade, a diferença de crescimento entre estas populações em experimentação no Brasil.

Estudos foram realizados para detectar outras diferenças entre as populações. A população do centro-leste apresenta maior variação genética em nível molecular (RAMIREZ HERRERA, 1993) e maior variação com relação à acícula, cone e morfologia da semente (DONAHUE & LOPEZ UPTON, 1996). Aos três anos de idade, a população do centro-leste apresentou mais do que o dobro da altura em relação à população do norte, em experimentos no Brasil e na Colômbia, com 4,2 m vs. 1,6 m, respectivamente. O crescimento mais rápido das procedências do centro-leste verifica-se, principalmente, em climas tropicais e subtropicais (DVORAK et al., 1996). No relatório anual da CAMCORE (1998) consta que, segundo avaliações de 48 experimentos instalados no Brasil, Colômbia e África do Sul, o desempenho das procedências do norte é pouco variável de um país para outro, enquanto que o das procedências do centro-leste varia muito entre países.

Em ambiente natural, *P. greggii* começa a formar estróbilos aos quatro ou cinco anos de idade, com época de produção de maio a junho, nas populações do norte, e de abril a maio, nas do centro-leste (DONAHUE & LOPEZ UPTON, 1996). Em ensaios no Brasil e na África do Sul, as populações do norte produziram estróbilos abundantemente já aos 18 meses após o plantio no campo, apesar de ser mais comum a produção aos 24 meses. Os estróbilos femininos, nas populações do norte, são usualmente maiores e mais avermelhados do que os do centro-leste. Na África do Sul, *P. greggii* floresce duas vezes ao ano e os cones se abrem em agosto. Como a espécie é semi-serótina, os cones maduros permanecem fechados na árvore até abril, provendo um extenso período para coleta. Cones resultantes do cruzamento de *P. patula* com *P. greggii* maturam 33 meses após a polinização (Kietzka, 1997, citado em DVORAK, no prelo).

Quanto à capacidade de germinação das sementes, embora a estratificação não seja necessária, estudos de DONAHUE (1990) indicaram que 30 dias de estratificação fria aumentam a porcentagem de germinação das sementes das populações do centro-leste. Em escala comercial, na África do Sul, as sementes são colocadas em sacolas de pano, porosas, em banho na água com pH de 5,6 a 28 °C, borbulhando-se com ar comprimido por 24 horas (Kietzka, 1997, citado em DVORAK, no prelo). Após esse tratamento, elimina-se o excesso de água e realiza-se a semeadura. As mudas de ambas as populações podem ir ao campo quando atingem 10 cm de altura e podem ser produzidas em viveiros de cinco a sete meses, dependendo da temperatura. No Brasil e na Colômbia, pode-se obter mudas com 20 a 25 cm de altura, em sete a oito meses (DVORAK, no prelo).

VASQUEZ PENA & PIMENTEL BRIBIESCA (1988) observaram que, em *P. greggii*, quanto mais jovem é a árvore-mãe, pior é a qualidade das sementes. Além disso, observaram menor sobrevivência em sementes provenientes de árvores com má formação. As recomendações para a coleta de cones e extração das sementes são similares àsquelas para *P. patula*. Os cones devem ser coletados quando apresentarem coloração marrom-clara e aqueles mais antigos, de coloração acinzentada, não devem ser coletados. Como os cones são presos fortemente aos ramos, deve-se tomar cuidado para não causar ferimentos que possam prejudicar a próxima colheita. Após a coleta, os cones podem ser secos ao sol, por alguns dias, ou em estufa a 45 °C – 48 °C por 24 a 48 horas para forçar sua abertura. A quantidade de sementes por quilo das populações naturais do norte é de 55.000 e, das do centro-leste, 67.100 (DVORAK, no prelo).

Quanto à micropropagação de *P. greggii*, LOPEZ-PERALTA & SANCHEZ-CABRERA (1991) realizaram ensaios de propagação *in vitro* com plântulas obtidas de explantes de cotilédones. Obteve-se uma média de 100 brotações por explante, tendo requerido de cinco a seis meses para enraizar.

2.2 COMPORTAMENTO DE *Pinus greggii* Engelm COMO ESPÉCIE EXÓTICA

À semelhança de *P. patula*, *P. oocarpa* e *P. tecunumanii*, *P. greggii* é também adaptável a ambientes variados, com altitudes entre 600 m a 2.500 m (BARNES & STYLES, 1983). Na África do Sul, as sementes foram introduzidas, inicialmente da Itália, em 1910, com o nome de *Pinus pseudo-patula*. As sementes foram, aparentemente, coletadas de apenas uma árvore introduzida na Europa, com as quais se estabeleceu um arboreto. Em 1969 as sementes passaram a ser importadas diretamente do México (POYNTON, 1977). No Nepal, *P. greggii*, juntamente com *P. maximinoi*, são mais produtivos que *P. wallichiana*, *P. roxburghii* e *P. patula*, que ainda são plantados na região (NEIL, 1990).

A CAMCORE iniciou, no final dos anos 80, um programa de conservação de germoplasma, coletando sementes de ampla variação geográfica de várias espécies de *Pinus*. Entre 1988 e 1992, foram coletadas sementes de 169 árvores de nove procedências de *P. greggii*. Parte destas sementes foi utilizada no estabelecimento de testes de procedências e progênies em diversos países. Resultados preliminares dos plantios experimentais mostram um crescimento inicial diferenciado desde a fase de viveiro. As árvores do centro-leste apresentaram altura 100% maior que as do norte. Elas cresceram duas vezes

mais rapidamente do que as do norte, no Brasil e na Colômbia, mostrando um decréscimo nessa diferença a medida que aumenta a latitude dos locais de plantio. Em regiões temperadas, as populações do norte apresentam melhor forma do que as do centro-leste (DVORAK et al., 1996).

Dentre as espécies de *Pinus* que foram estudadas em Poços de Caldas, a sobrevivência e o crescimento em altura de *P. greggii* foram maiores quando comparados com *P. montezumae*, *P. engelmannii*, *P. lutea cooperi*, *P. hartweggii*, *P. pseudostrobus oaxacana*, *P. rudis* e *P. tenuifolia*. Apesar disto, não foi observada, de maneira geral, boa forma (FERREIRA & MASCARENHAS SOBRINHO, 1972). DVORAK et al. (1996) determinaram que *P. greggii* proveniente de El Madroño, em um experimento no Paraná, apresentava um crescimento maior que *P. taeda* e *P. eliottii*, aos três anos de idade. A altura média observada foi de 5,5 m em *P. greggii*, contra 4,7 m em *P. taeda* e, 3,8 m em *P. eliottii*. Portanto, há indícios de que *P. greggii* tem potencial para uso em reflorestamentos comerciais no Brasil. Porém, além das análises de testes de procedências e progênies, são necessárias avaliações de comparação entre diferentes ambientes para onde se deseje extrapolar o resultado destas análises, com o ambiente do local do ensaio que forneceu os resultados.

Com a criação de centros de pesquisa de *Pinus* tropicais na Índia, um grande número de espécies foi plantado, inclusive *P. greggii*. Um experimento instalado a 660 m de altitude, onde a precipitação média anual é de 2.041 mm, com temperatura máxima do mês mais quente de 43 °C mas que, no mês mais frio chega abaixo de zero centígrados, *P. greggii* atingiu 17,52 m de altura e 22,81 cm de diâmetro aos 11 anos de idade (DWIVEDI & THAPAR., 1990). *P. greggii* é adequado para plantios em zonas temperadas frias da África do Sul (DARROW &

COETZEE, 1983) e na Índia (GHOSH et al., 1981). ENDO (1994) cita *P. greggii* como uma espécie notória em experimentos da CAMCORE, estabelecidos em 1990, na Colômbia. FERREIRA & MASCARENHAS SOBRINHO (1972) observaram alta sobrevivência e crescimento de *P. greggii* em Poços de Caldas (MG). Porém, eles recomendaram estudos adicionais, explorando a variabilidade genética para melhorar a forma do fuste.

Comparado ao *P. patula*, *P. griffithii* e *P. roxburghii*, *P. greggii* apresenta maior resistência à doença da acícula-marrom (NEIL, 1991). DVORAK et al. (1996) sugerem que *P. greggii* deve ser testado onde o frio e a baixa precipitação sejam fatores limitantes para o bom crescimento de espécies como *P. patula*.

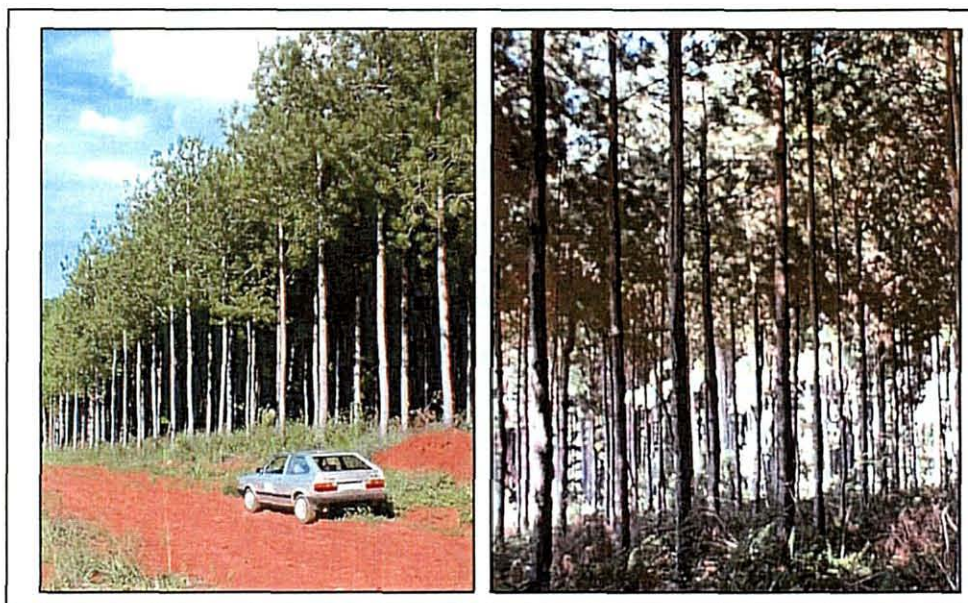


FIGURA 1: TESTE DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *P. greggii* AOS 10 ANOS DE IDADE, PARANÁ.

2.3 A MADEIRA DE *Pinus greggii* COMO PRODUTO SÓLIDO E PARA A PRODUÇÃO DE POLPA E PAPEL

Quanto à coloração, a madeira de *P. greggii* é amarela-pálida e pouco resinosa (PERRY, 1991), sendo uniforme ao longo da altura do fuste e ao longo dos raios. No entanto, quanto às características físicas, há uma forte estrutura definida dos anéis de crescimento com diferenças na densidade entre o lenho inicial e o tardio, sendo esta similar à do *P. elliottii*. A retratibilidade radial é consideravelmente menor, internamente (próxima à medula), do que externamente. Esta diferença mostra uma íntima associação com as diferenças de densidade. Segundo MURILLO (1988), a madeira de *P. greggii* apresenta densidade de 450 kg/m³ a 550 kg/m³.

Toras de *P. greggii* são facilmente descascadas e serradas, e a madeira não apresenta desvio excessivo de grã. Quanto à resina, existe diferença entre as duas regiões testadas. De forma generalizada, a madeira de *P. greggii* não é muito resinosa. O efeito de sítio é altamente significativo sobre a densidade da madeira, a largura do anel, a porcentagem de lenho tardio, o comprimento dos traqueídeos, a retração, o desvio de grã e a produção de resina. Porém, esse efeito é irrelevante sobre a inclinação dos ramos (MALAN, 1994). Segundo esse autor, a forma do fuste e a alta concentração de nós são aspectos negativos da espécie. Na sua origem, a madeira de *P. greggii* é empregada na construção em geral, como escora para minas e como lenha (PERRY, 1991).

P. greggii apresentou um baixo teor de cinzas (0,08%), o que é um aspecto positivo para a produção de polpa e papel e obteve rendimento de 44% a 45% em polpa kraft pré-hidrolisada não branqueada (DHAWAN et al., 1990), sendo valores dentro dos limites de rendimento obtidos de *P. taeda* e *P. elliottii*

(43% a 47%). Não foram detectadas diferenças nas características químicas da madeira entre *P. greggii*, *P. montezumae* e *P. pseudostrobus* (SHARMA et al., 1987a). Ensaio de qualidade do papel mostraram que *P. pseudostrobus* e *P. greggii* apresentam, dentre as espécies tropicais, maior resistência ao rasgo, ao estouro e à tração, sendo a polpa de *P. greggii* de melhor qualidade do que a de *P. pseudostrobus* (SHARMA et al., 1987b).

O crescimento de *P. greggii* vem se demonstrando satisfatório em vários países em testes de utilização da madeira tanto para serraria quanto para papel. No entanto, devido ao pequeno número de material genético testado, não se pode tirar conclusões definitivas sobre o potencial real da espécie, a sua adaptabilidade em diferentes sítios nos trópicos e subtrópicos ou sobre o grau de variação genética entre procedências. Como infelizmente muitas populações naturais de *P. greggii* abrangem áreas menores que 50 hectares e sofrem constantes intervenções de lenhadores e criadores de gado, sua variação genética está ameaçada (DONAHUE & LOPEZ UPTON, 1996).

2.4 MELHORAMENTO GENÉTICO FLORESTAL

2.4.1 PARÂMETROS GENÉTICOS

Segundo RAMALHO et al. (1990), o conhecimento da variabilidade genética em populações é de fundamental importância porque permite, entre outras coisas, determinar o potencial da população para melhoramento através da seleção. As primeiras questões a serem resolvidas pelo melhorista florestal é a magnitude e as fontes de variação nas populações de melhoramento. A variação genética pode ser aditiva, devido aos efeitos dos genes que agem de maneira aditiva, e não aditiva, a qual inclui a interação entre genes em diferentes *loci* (epistasia) e no mesmo *locus* (dominância). A variância aditiva é a mais importante, pois corresponde à variação que pode ser explorada para alterar a média da população através da seleção e recombinação.

Variâncias genéticas são parâmetros que necessitam ser estimados pelo melhorista a partir de valores fenotípicos observáveis (RESENDE, 1999a). As determinações dos coeficientes de herdabilidade, coeficientes de variação genética, ganhos genéticos e das correlações genéticas entre caracteres são importantes para o sucesso de um programa de melhoramento (PIRES & DRUMOND, 1983). Porém, ensaios específicos para a determinação de parâmetros genéticos, em espécies florestais, são pouco comuns. Normalmente aproveita-se ensaios de progênies (KIKUTI, 1988), o que implica na utilização de um número de progênies abaixo do recomendado para se fazer inferências confiáveis sobre a população (SHIMIZU et al., 1982).

A importância de estimativas das herdabilidades se deve ao fato de que elevados valores indicam um maior controle genético e, conseqüentemente, maior sucesso na seleção. Como regra geral, as características de crescimento apresentam grande influência ambiental (normalmente representadas pelas baixas herdabilidades), e então, menor controle genético. SQUILLACE et al. (1967) já comentavam a importância das estimativas de herdabilidade para o planejamento de programas de melhoramento genético que envolvem seleção. Esse parâmetro auxilia na determinação da intensidade de seleção requerida em cada característica que se deseja melhorar. Segundo WRIGHT (1976), a herdabilidade e o ganho genético podem ser estimados diretamente, através da medição dos parentais e de sua respectiva progênie. Alternativamente, como é mais utilizado, através de testes de progênie, estimando-se as herdabilidades como funções das variâncias. Como a análise de variância, em testes de progênie, é um procedimento importante para a estimativa dos parâmetros genéticos, deve-se utilizar o delineamento e o modelo estatístico mais apropriado aos objetivos do estudo.

A herdabilidade permite antever a possibilidade de sucesso no melhoramento genético com a seleção, pois reflete a proporção da variação fenotípica que é herdada. Assim, ela mede a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo (RAMALHO et al., 1990).

Segundo CROW (1981), existem dois tipos de herdabilidade: i) herdabilidade no sentido amplo, que indica a importância dos fatores genéticos na manifestação do caráter em consideração. Ela é uma medida do quanto as diferenças individuais de uma população são devidas à diferenças no genótipo.; ii) herdabilidade no sentido restrito é uma medida de quanto das diferenças

fenotípicas são transmitidas dos pais para sua progênie, e é utilizada para prever o grau de melhoria que pode ser obtida em uma população, através de cruzamentos seletivos.

Algumas restrições já foram levantadas sobre o procedimento para a estimativa de variâncias genéticas através de progênies de polinização livre, devido à possibilidade de ocorrer endogamia, que resultaria na superestimação da variância genética. Porém, grande parte das plantas geradas por autofecundação são eliminadas pela competição, tanto na fecundação quanto na fase de viveiro (NAMKOONG, 1966).

2.4.2 INTERAÇÃO ENTRE GENÓTIPO E AMBIENTE

A interação entre genótipo e ambiente se refere à incapacidade dos genótipos de manter a mesma posição relativa ao nível de variações, quando testados em diferentes ambientes (SNYDER, 1972). Porém, é essencial não confundir a verdadeira interação entre genótipo e ambiente, como descrita, com a simples resposta do genótipo às adversidades do meio em que este está se desenvolvendo, onde a classificação relativa entre as famílias testadas permanece essencialmente a mesma, embora a média das famílias nos diferentes ambientes possa apresentar variação (ZOBEL & TALBERT, 1984).

A interação entre genótipo e ambiente, devido a essa possibilidade de inversão de ordenamento dos genótipos de um ambiente para outro, influencia o ganho esperado através da seleção e dificulta a recomendação de cultivares em uma grande área geográfica (COSTA, 1999). Quando existe interação entre

genótipo e ambiente, esta deve ser capitalizada, fazendo-se seleção específica para cada local (MORA, 1986).

Quando os testes são conduzidos em apenas um local, os efeitos das interações genótipos x ambiente são incluídos no componente genético, contribuindo para a superestimação da variância genética, enquanto em estudos envolvendo vários locais, esta interação pode inflacionar o erro experimental. O componente devido a essas interações tem importância em espécies florestais, principalmente porque o zoneamento ecológico para as procedências envolve regiões extensas, com sítios diversos, à medida em que a atividade florestal caminha para novas áreas (NAMKOONG et al., 1966).

O ensaio de novas espécies florestais, com potencial para atender às demandas comerciais, é de grande valia quando instalado em mais de um local por permitir o estudo da interação. Estas análises de interação entre os materiais genéticos e os locais de estabelecimento dos plantios são, do ponto de vista prático, diretamente relacionadas com a oportunidade de facilitar e diminuir os custos da coleta de sementes. Isto ocorre quando se considera que a coleta de sementes em um local apresenta validade em termos de ganho no comportamento futuro também para outros locais.

Para se obter o máximo de ganhos genéticos para o maior número de ambientes possível, a partir de um número limitado de seleções, é necessário reduzir os custos gerais do programa de melhoramento, procurando aumentar a eficiência de uma seleção. A eficiência da seleção em um local com o objetivo de plantio em outro local, pode ser obtida através da correlação genética entre esses locais e das herdabilidades em cada local para o caráter objeto da seleção (RESENDE & ROSA-PEREZ, 1999).

2.4.3 SELEÇÃO PELO ÍNDICE MULTI-EFEITOS

O índice multi-efeitos, apresentado por RESENDE & HIGA (1994), é um método de seleção que serve para maximizar o progresso genético em um caráter, sendo equivalente ao BLUP (melhor predição linear não-viciada) no caso de dados balanceados. Este procedimento é aplicado utilizando-se as herdabilidades no sentido restrito ao nível de indivíduo dentro da parcela, ao nível de progênie e ao nível de parcela.

Testada sua eficiência contra o procedimento de seleção combinada, este procedimento, por utilizar todos os efeitos do modelo matemático, apresentou de 4,2% a 7,0% de superioridade. RESENDE (1994) concluiu que o método índice multi-efeitos tende a ser superior à seleção combinada em termos de diferencial de seleção e ganho genético. RESENDE et al. (1995) concluíram que para a escolha do melhor método de seleção deve-se considerar o intervalo de confiança do ganho genético. O método de seleção índice multi-efeitos, seguindo os métodos univariados e multivariados, apresentou baixos valores de intervalos de confiança para a seleção de genitores, indicando a maior precisão para estes métodos.

2.4.4 A FORMA DO FUSTE E SEU MELHORAMENTO

A forma do fuste é uma características de grande importância para a valorização da madeira, influenciando desde o custo de transporte até o desdobro. Além disso ela está diretamente relacionada com a formação de

madeira de compressão. Nos programas de melhoramento genético florestal, a forma do fuste é uma característica passível de melhoramento, através da seleção, uma vez que ela está sob forte controle genético (SHELBOURNE, 1969; ZUFA, 1969; MACLAREN & KIMBERLY, 1991; OTEGBEYE, 1988).

A retidão do fuste em muitas espécies é influenciada pelas características do solo, pelos regimes de nutrientes e de água ou ainda pelo microclima (SHELBOURNE, 1969). A variação na retidão do fuste pode ser observada entre espécies e entre raças geográficas da mesma. Assim, muitas vezes, a escolha da melhor procedência de melhor forma do fuste pode ser conflitante com a de maior vigor. Isto tem sido observado em *P. greggii*. Quando plantadas no Brasil, as procedências da região norte do México apresentam menor crescimento quando plantadas no Brasil e melhor forma do fuste do que as do sul, que apresentam rápido crescimento, mas, alguns indivíduos com formas de fuste anômalas. Segundo Bannister & Burdon (1968), citados por SHELBOURNE (1969), os problemas de retidão na base do tronco podem ser observados em áreas sujeitas a fortes ventos predominantes (como exemplo, *P. caribaea* e *P. contorta*).

SHELBOURNE (1969) já citava a possibilidade de efetiva melhoria de características morfológicas da árvore através do melhoramento genético através da seleção baseada na simples avaliação visual, procedimento ainda muito utilizado. Mesmo indivíduos muito tortuosos, quando jovens, podem se tornar retos com o passar dos anos, deixando a madeira de compressão como única evidência de sua tortuosidade no passado. Isto é importante ser considerado, principalmente quando as avaliações são feitas em idades jovens.

Informações sobre as herdabilidades, a variabilidade e os ganhos genéticos observados indicam que a forma do fuste responde rapidamente à seleção (SHELBOURNE, 1969). Visto que a forma das árvores é mais herdável que as características de crescimento (MORA, 1986), o melhoramento através da seleção da retidão do fuste é mais fácil que do incremento volumétrico. Isto tem implicações econômicas diretas, uma vez que a forma do fuste afeta diretamente o custo de transporte, o aproveitamento das toras nas serrarias, os processos de secagem com consequências na estabilidade dimensional, o descascamento da madeira e a fragmentação de traqueídeos na polpação (aumentando a quantidade de finos e diminuindo a produção). Com relação a polpação, pode ser citado ainda o espessamento da parede na madeira de compressão, tornando-a menos conformável e diminuindo-se a qualidade do papel imprensa produzido.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 COLETA DE DADOS

Os ensaios foram estabelecidos através de sementes coletadas pela CAMCORE em 1987-88, nos estados de Coahuila, Hidalgo, Nuevo Leon, e Querétaro, no México (figura 1). As altitudes, nas áreas de coleta, variam de 1.250 m a 1.420 m em Laguna Atezca, Hidalgo, chegando a 2.590 m em Jamé, Coahuila. As médias de precipitação anual variam de 418 mm a 1.438 mm, enquanto que as temperaturas médias anuais variam de 16,0 °C a 19,8 °C (tabela 1). Devido à distância geográfica entre os dois grupos de procedências, na origem, são consideradas duas populações, supostamente distintas:

Região Centro-Leste do México:	Laguna Atezca; El Madroño; Laguna Seca.
Região Norte do México:	Las Placetas; Los Lirios; Jame.

TABELA 1: CARACTERÍSTICAS DOS LOCAIS DE COLETA DE SEMENTES DE *Pinus greggii*

CIDADE	ESTADO (MÉXICO)	LATITUDE N LONGITUDE W	ALTITUDE (m)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (mm)	VARIAÇÃO DE pH **	TEMPERATURA MÉDIA ANUAL (°C)
El Madroño	Queretaro	21°16' 99° 10'	1500-1660	737	4,4 – 4,8	17,4
Laguna Atezca	Hidalgo	20° 49' 98° 46'	1250-1420	1438	4,1 - 4,3	19,8
Laguna Seca	Hidalgo	21° 02' 99° 10'	1750-1900	723	5,2 – 5,4	17 *
Las Placetas	Nuevo Leon	24° 55' 10° 01'	2370-2520	418	7,0 – 7,1	17 *
Los Lirios	Coahuila	25° 22' 10° 03'	2300-2400	418	7,2 – 7,7	17 *
Jame	Coahuila	25° 21' 10° 04'	2500-2590	418	6,6 – 6,7	16 *

Fonte: DONAHUE (1989). * valores estimados; ** DONAHUE (1990).

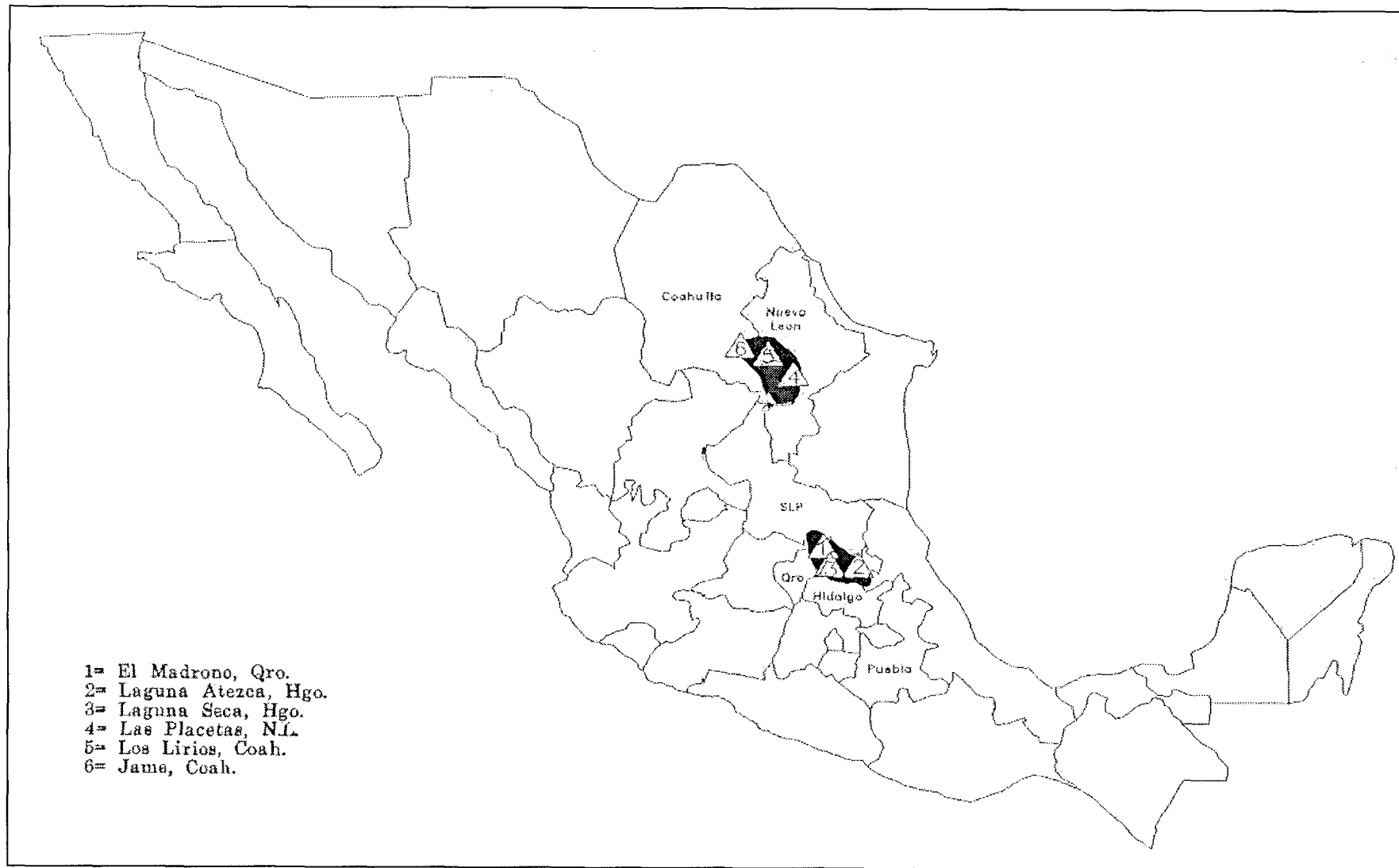


FIGURA 2: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PROCEDÊNCIAS DE ORIGEM DAS SEMENTES DE *P. greggii*, NO MÉXICO, INCLUÍDAS NOS EXPERIMENTOS DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES NO BRASIL.

Foram analisados experimentos instalados no Paraná e em Santa Catarina (FIGURA 2), incluindo como testemunhas *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* (tabela 3). As testemunhas foram provenientes de áreas de produção de sementes (APS), as quais fornecem o material utilizado comercialmente nas respectivas regiões. *P. elliottii* ocorre aproximadamente entre as latitudes 28 °N a 33 °N, longitudes de 80 °W a 91 °W e altitudes que vão desde o nível do mar até 150 m, enquanto *P. taeda* ocorre aproximadamente entre as latitudes 28 °N e 39 °N, longitudes 75 °W a 96 °W e altitudes desde o nível do mar até 450 m (MIROV, 1967). As formas de fuste, segundo o critério estabelecido, estão representadas na figura 3 e foram avaliadas aos três anos em Ponta Grossa e Campo do Tenente; aos cinco anos em Correia Pinto e aos oito anos em Telêmaco Borba.

Todos os experimentos avaliados foram estabelecidos segundo o delineamento de blocos ao acaso, com arranjo de famílias compactas, em um espaçamento de 3 m x 3 m, com nove blocos e seis plantas por parcela, à exceção de Ponta Grossa, com cinco plantas por parcela. O arranjo “compact family blocks” impõe uma restrição aos blocos casualizados na aleatorização dos tratamentos, ficando as progênies de uma mesma procedência próximas entre si em cada repetição. A princípio, isso possibilita que as comparações entre as progênies da mesma procedência sejam mais facilmente avaliadas e, também, com maior precisão (WRIGHT, 1976; CASTRO, 1992).

Os testes instalados em Ponta Grossa e em Campo do Tenente incluíram progênies tanto da região norte quanto da região centro-leste do México, enquanto que os demais teste incluíram progênies somente da região centro-leste.

TABELA 2: PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *Pinus greggii* TESTADAS EM CADA LOCAL

PROCEDÊNCIA	PROGÊNIE	LOCAIS DE PLANTIO			
		CP	TB	CT	PG
El Madroño	1			x	
	3			x	
	4			x	
	5	x	x	x	x
	6	x	x	x	x
	7	x	x	x	x
	8	x	x	x	x
	9	x	x	x	x
	10	x	x		x
	11	x	x	x	x
	12	x	x	x	x
	13	x	x	x	x
	14				
	15			x	
	16	x	x	x	x
	17	x	x	x	x
	18	x	x	x	x
	19	x	x	x	x
	20	x	x		x
	23	x	x		x
	24	x	x		x
Laguna Atezca	26	x	x	x	x
	27	x	x		x
	28	x	x		x
	29	x	x		
	30	x	x	x	x
	32	x	x		x
	33			x	
	34	x	x		
	35	x	x	x	x
	36			x	x

PROCEDÊNCIA	PROGÊNIE	LOCAIS DE PLANTIO			
		CP	TB	CT	PG
	37	x	x	x	x
	38	x	x	x	x
	39	x	x		x
	42	x	x		
	43	x	x		x
	44	x	x		x
	45	x	x		
	46	x	x	x	x
	Las Placetas 60			x	
	74			x	
Los Lirios	77			x	x
	Jame 90			x	x
	91			x	
	95			x	x
Laguna Seca	99	x	x		x
	100	x	x	x	x
	101	x	x	x	x
	102	x	x		x
	103	x	x	x	x
	104	x	x	x	x
	105		x		x
	106		x	x	x
	107	x	x		x
	108	x	x	x	x
	109	x	x	x	x
	111	x	x	x	x
	112			x	
	113	x	x		x
	114	x	x		x
	115	x	x		x
	117	x	x		x

Onde:

CP = Correia Pinto (SC)

TB = Telêmaco Borba (PR)

CT = Campo do Tenente (PR)

PG = Ponta Grossa (PR)

TABELA 3: TESTEMUNHAS UTILIZADAS NOS LOCAIS DE EXPERIMENTAÇÃO

LOCAL	ESPÉCIE(S)	PROCEDÊNCIA DA SEMENTE
Ponta Grossa	<i>P. taeda</i>	APS em Colombo (PR)
Campo do Tenente	<i>P. taeda</i>	APS em Campo do Tenente (PR)
Telêmaco Borba	<i>P. taeda</i>	APS em Telêmaco Borba (PR)
	<i>P. elliottii</i>	APS em Telêmaco Borba (PR)
Correia Pinto	<i>P. taeda</i>	APS em Correia Pinto (SC)
	<i>P. elliottii</i>	APS em Telêmaco Borba (PR)

APS = área de produção de sementes.

TABELA 4: INFORMAÇÕES DA LOCALIZAÇÃO DOS TESTES DE PROCEDÊNCIA E PROGÊNIE DE *P. greggii* NO BRASIL

	Latitude S	Longitude W	Altitude (m)	Precipitação Média Anual (mm)	Temperatura Média Anual (°C)	Número de Geadas (Média Anual)	pH
Telêmaco Borba - PR	24° 12'	50° 33'	885	1.503	19,3	7	4,20
Ponta Grossa - PR	25°13'	50°01'	880	1.402	17,6	9	3,65
Campo do Tenente - PR	26°00'	49°37'	850	1.618	16,4	10	4,19
Correia Pinto - SC	27° 08'	50° 28'	920	1.464	17,9	17	3,79

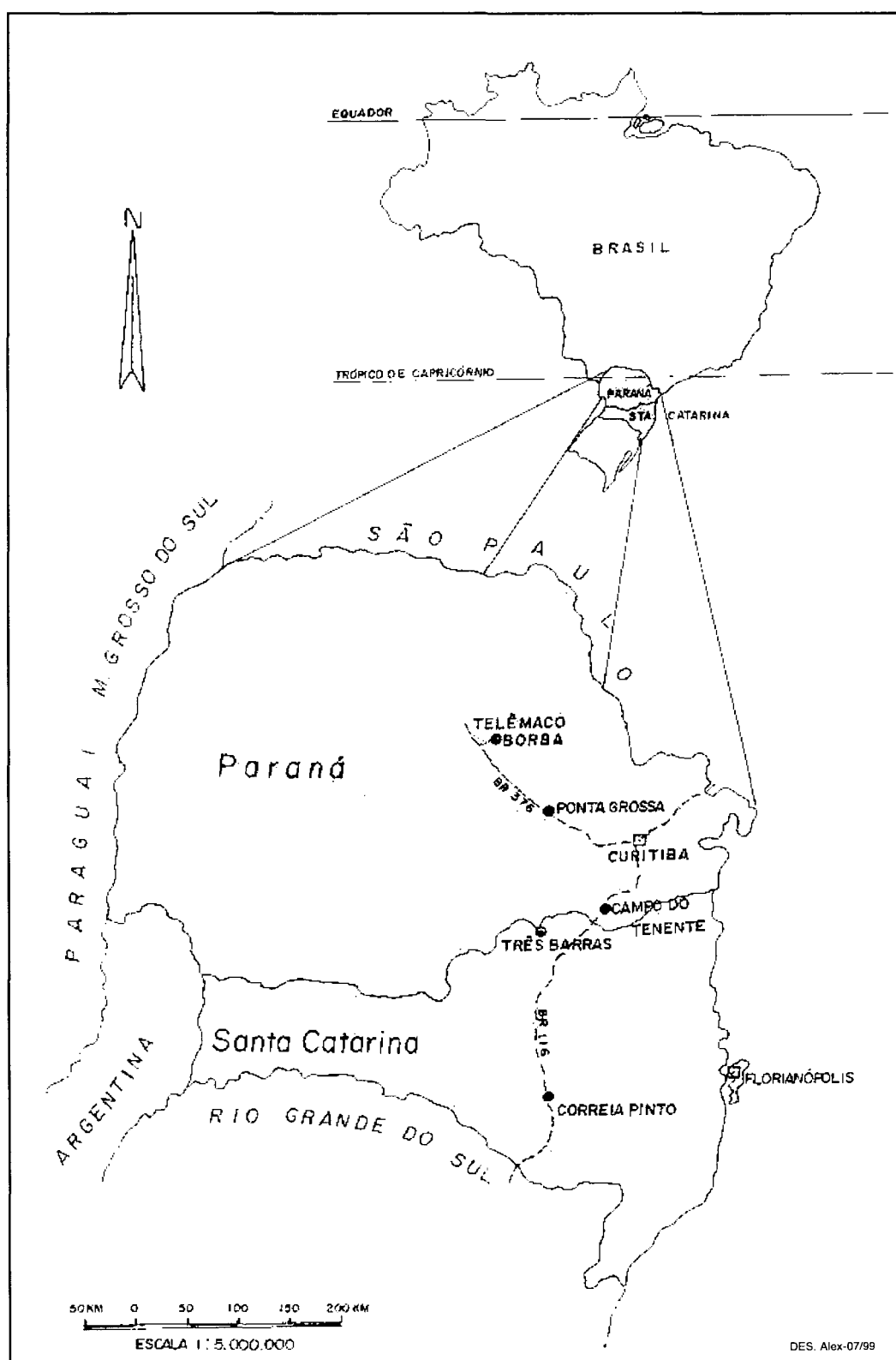


FIGURA 3: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS TESTES DE PROCEDÊNCIAS E PROGENIES DE *P. greggii* INCLUÍDOS NO ESTUDO

O volume é uma característica de maior interesse por representar diretamente a produtividade de madeira, objeto frequente da seleção em conjunto com a forma do fuste. Considerando que o DAP (diâmetro à altura 1,30 m) e a altura apresentam alta correlação com o volume, já que este é derivado das primeiras, pode-se escolher uma destas características para avaliar o crescimento. A característica utilizada para inferências quanto ao crescimento, neste trabalho, foi o DAP. Isto, porque a estimativa do volume envolve erros pelas dificuldades de medições de altura com precisão. Além do que, a utilização do volume cilíndrico, devido à não existência de equações de volume que bem representem o material genético, apesar de ser válida e representativa em estudos dendrométricos, não é adequada para estudos genéticos (BORSATO et al., 1999).

Foram avaliados os DAP's, aos três anos de idade, em centímetros. Para avaliar o efeito dos ambientes, foram comparados os DAP's médios em todos os locais. Para estas comparações, foram consideradas somente as progênies comuns a todos os ambientes. Posteriormente, para comparação de médias entre as procedências de *P. greggii*, incluindo as testemunhas, em cada local, utilizou-se o teste Tukey (GOMES, 1987).

3.2 ANÁLISES DE VARIÂNCIA INDIVIDUAL E CONJUNTA

Para determinar a variação genética entre procedências e progênes de *P. greggii*, individualmente em cada um dos testes, foi realizada a análise de variância do DAP. Em alguns experimentos, ocorreram parcelas vazias, devido à mortalidade das plantas. Apesar de serem poucas ocorrências, os valores destas parcelas foram estimadas através da metodologia descrita em STEEL & TORRIE (1980). A sobrevivência foi de 80% em Correia Pinto, 95% em Telêmaco Borba, 86% em Campo do Tenente e 92% em Ponta Grossa, aos três anos de idade (considerando nestes dois últimos locais apenas as procedências do centro-leste do México).

Utilizou-se a estrutura de análise de variância descrita em RESENDE & ARAÚJO (1993), adaptando-se o modelo para o caso de teste de procedência e progênie. O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + p_i + f_{j(i)} + b_k + pb_{ik} + fb_{j(i)k} + d_{ijkl}$$

Sendo:

Y_{ijkl} = Observação no indivíduo l da progênie j, da procedência i, no bloco k

μ = Média geral do experimento (efeito fixo)

p_i = efeito da procedência i (efeito fixo)

$f_{j(i)}$ = efeito da progênie j da procedência i (efeito aleatório)

b_k = efeito do bloco k (efeito aleatório)

- pb_{ik} = efeito da interação entre a procedência i e o bloco k (efeito aleatório)
- $fb_{j(i)k}$ = efeito da interação entre a progênie j da procedência i e o bloco k (efeito aleatório)
- d_{ijkl} = efeito entre plantas dentro de parcelas, associado ao indivíduo l da progênie j, da procedência i, no bloco k (efeito aleatório)

TABELA 5: COMPONENTES DE VARIÂNCIA PARA O MODELO UTILIZADO NA ANÁLISE INDIVIDUAL

FV	GL	QM	E(QM)	F
Blocos	b-1	Q_1	$\sigma^2_{f(p)b} + f p \sigma^2_b$	$\frac{Q_1}{Q_8}$
Procedências	p-1	Q_2	$\sigma^2_{f(p)b} + b \sigma^2_{f/p} + f \sigma^2_{pb} + fb \Phi_p$	$\frac{Q_2 + Q_8}{Q_3 + Q_4}$
Erro a	(b-1).(p-1)	Q_3	$\sigma^2_{f(p)b} + f \sigma^2_{pb}$	
Prog/Proc	$\sum_i (f_i - 1)$	Q_4	$\sigma^2_{f(p)b} + b \sigma^2_{f/p}$	$\frac{Q_3}{Q_8}$
Prog/Proc ₁	$f_1 - 1$	Q_5	$\sigma^2_{f(p)b} + b \sigma^2_{f/p1}$	$\frac{Q_4}{Q_8}$
Prog/Proc ₂	$f_2 - 1$	Q_6	$\sigma^2_{f(p)b} + b \sigma^2_{f/p2}$	$\frac{Q_5}{Q_8}$
Prog/Proc ₃	$f_3 - 1$	Q_7	$\sigma^2_{f(p)b} + b \sigma^2_{f/p3}$	$\frac{Q_6}{Q_8}$
Erro b	$(b-1)(\sum_i f_i - p)$	Q_8	$\sigma^2_{f(p)b}$	
dentro		Q_9	σ_d^2	
Total	$(b \sum_i f_i) - 1$			

p = número de procedências; b = número de blocos; f_i = número de progênies na procedência i; Φ_p = função quadrática dos efeitos de procedência; $\sigma^2_{f/p}$ = variância entre progênies dentro de procedências; σ^2_b = variância entre blocos; σ^2_{pb} = variância da interação entre procedências e blocos; $\sigma^2_{f(p)b}$ = variância da interação entre progênies e blocos.

O coeficiente de variação genética ($CV_g\%$) foi estimado seguindo-se a fórmula apresentada por VENCOVSKY (1987):

$$CV_g = \frac{\sqrt{\sigma_A^2}}{\bar{x}} \times 100$$

Onde:

σ_A^2 = variância genética entre progênies

Quando há vários testes plantados com a mesma espécie, é possível otimizar um processo de seleção através dos dados obtidos de suas análises. A análise conjunta dos dados é necessária para se determinar a interação entre genótipo e ambiente.

Esta análise foi realizada para os quatro locais, simultaneamente, e para todos os pares de ambientes com progênies comuns. Quando estas análises (tabelas 6 e 7) acusaram interação entre genótipo e ambiente, observou-se a classificação das progênies e das procedências nos locais para verificar se a causa da interação foi o efeito de escala ou, realmente, a inversão neste ordenamento. As interações entre locais, com as procedências e as progênies, foram definidas segundo os modelos:

a) Modelo utilizado para análise da interação entre progênie e local:

$$Y_{ijk} = \mu + f_i + bl_{kj} + l_j + fl_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk}	= observação da progênie i, do bloco k, do local j
μ	= média geral do experimento (efeito fixo)
f_i	= efeito da família i (efeito aleatório)
bl_{kj}	= efeito do bloco k no j-ésimo local (efeito aleatório)
l_j	= efeito do local j (efeito aleatório)
fl_{ij}	= efeito da interação entre a família i e o local j (efeito aleatório)
ε_{ijk}	= resíduo médio

b) Modelo utilizado para análise da interação entre procedência e local:

$$Y_{ijk} = \mu + p_i + bl_{kj} + l_j + pl_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk}	= observação da procedência i, do bloco k, do local j
μ	= média geral do experimento (efeito fixo)
p_i	= efeito da procedência i (efeito fixo)
bl_{kj}	= efeito do bloco k (efeito aleatório)
l_j	= efeito do local j (efeito aleatório)
pl_{ij}	= efeito da interação entre a procedência i e o local j (efeito aleatório)
ε_{ijk}	= resíduo médio

TABELA 6: ESTRUTURA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONJUNTA PARA O MODELO DEFINIDO ENVOLVENDO PROGÊNIES E LOCAIS

FV	GL	QM	$\varepsilon(QM)$	F
Blocos/Locais	$l(b-1)$	Q_1	$\sigma_\varepsilon^2 + f\sigma_b^2$	Q_1 / Q_5
Locais	$l-1$	Q_2	$\sigma_\varepsilon^2 + fb\sigma_l^2 + b\sigma_{fl}^2 + f\sigma_b^2$	$Q_2 + Q_5 / Q_1 + Q_4$
Progênies	$f-1$	Q_3	$\sigma_\varepsilon^2 + b\sigma_{fl}^2 + bl\sigma_f^2$	Q_3 / Q_4
P x L	$(l-1)(f-1)$	Q_4	$\sigma_\varepsilon^2 + b\sigma_{fl}^2$	Q_4 / Q_5
Resíduo	$l(b-1)(f-1)$	Q_5	σ_ε^2	

b = número de blocos dentro de cada local; l = número de locais; f = número de famílias; σ_f^2 = variância entre famílias; σ_l^2 = variância entre locais; σ_b^2 = variância entre blocos; σ_{fl}^2 = variância da interação entre família e local.

TABELA 7: ESTRUTURA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONJUNTA PARA O MODELO DEFINIDO ENVOLVENDO PROCEDÊNCIAS E LOCAIS

FV	GL	QM	$\varepsilon(QM)$	F
Blocos/Locais	$l(b-1)$	Q_1	$\sigma_\varepsilon^2 + p\sigma_b^2$	Q_1 / Q_5
Locais	$l-1$	Q_2	$\sigma_\varepsilon^2 + pb\sigma_l^2 + p\sigma_b^2$	Q_2 / Q_1
Procedências	$p-1$	Q_3	$\sigma_\varepsilon^2 + b\sigma_{pl}^2 + bl\phi_p$	Q_3 / Q_4
P x L	$(l-1)(p-1)$	Q_4	$\sigma_\varepsilon^2 + b\sigma_{pl}^2$	Q_4 / Q_5
Resíduo	$l(b-1)(p-1)$	Q_5	σ_ε^2	

b = número de blocos dentro de cada local; l = número de locais; p = número de procedências; ϕ_p = função quadrática dos efeitos de procedências; σ_l^2 = variância entre locais; σ_b^2 = variância entre blocos; σ_{pl}^2 = variância da interação entre procedência e locais.

3.3 PROGRESSO ESPERADO COM A SELEÇÃO EM CADA LOCAL

Devido a pouca idade dos testes quando avaliados (três anos), e o fato de ainda não se conhecer o comportamento das características de interesse desta espécie em idade adulta, considerou-se que os mesmos devem ser mantidos por mais tempo, sem desbastes, para que possam gerar mais

informações. Porém, para se acelerar um programa de melhoramento, recomenda-se instalar um pomar de sementes clonal, partindo-se dos resultados até então obtidos. Neste caso, ocorre a maior facilidade de colheita, maior produtividade pelo manejo diferenciado e vantagem da escolha do local de implantação. Para se estimar os possíveis ganhos com a implantação deste pomar, foi feita uma simulação considerando a seleção de 30 indivíduos.

Para determinar os ganhos esperados em DAP, optou-se pela seleção através do índice multi-efeito que considera para a predição dos valores genéticos, todos os efeitos (efeito de indivíduo dentro de parcela, efeito de parcelas e efeito de família), maximizando o progresso genético em um caráter. Os valores genéticos foram preditos através do *software* Selegen (RESENDE et al., 1994).

Para os quatro locais de estudo, foram estimados os ganhos genéticos com a inclusão de materiais genéticos de três procedências do centro-leste: El Madroño, Laguna Atezca e Laguna Seca. As árvores foram selecionadas pelos valores genéticos individuais, utilizando-se a herdabilidade ao nível de indivíduo no bloco das progênies nas procedências em cada experimento. A proporção de indivíduos selecionados foi de 1:71, em Ponta Grossa; 1:70 em Campo do Tenente, de 1:83 em Correia Pinto e de 1:86 em Telêmaco Borba. O índice multi-efeitos é representado por:

$$I = h_d^2(Y_{ijk}) + (h_p^2 - h_d^2)\bar{Y}_{ij.} - h_p^2\bar{Y}_{.j.} + (h_m^2 - h_p^2)\bar{Y}_{i..} + (h_p^2 - h_m^2)\bar{Y}_{...}$$

Onde:

h^2_d = herdabilidade no sentido restrito ao nível de indivíduo dentro da parcela;

h^2_f = herdabilidade no sentido restrito ao nível de progênie;

h^2_p = herdabilidade no sentido restrito ao nível de parcela;

$\bar{Y}_{...}$ = efeito da média geral;

\bar{Y}_{ijk} = valor individual;

$\bar{Y}_{i..}$ = média da família no ensaio;

$\bar{Y}_{ij.}$ = média da família em determinado bloco (média da parcela);

$\bar{Y}_{.j.}$ = média do bloco.

Como o último termo da expressão pondera uma constante e não afeta o mérito genético, ele pode ser desconsiderado. Para cálculo das herdabilidades ao nível de indivíduo e outras, aplicadas no índice multi-efeito, foram utilizados os componentes de variância, estimados a partir das equações das esperanças dos quadrados médios (tabela 5).

variância da interação entre progênie e bloco

$$\sigma^2_{f(p)b} = Q_8$$

variância entre progênies dentro de procedências

$$\sigma^2_{f/p} = \frac{(Q_4 - \sigma^2_{f(p)b})}{b}$$

variância genética aditiva

$$\sigma^2_A = 4 \times \sigma^2_{f/p}$$

variância entre parcelas

$$\sigma_e^2 = Q_8 - \frac{\bar{\sigma}_d^2}{n}$$

Onde:

p = número de procedências

b = número de blocos

f = número de famílias na procedência

Q₁, Q₄ e Q₈ = quadrados médios da análise de variância individual (tabela 5)

$\sigma_{f(p)b}^2$ = variância da interação entre progênies e blocos

$\sigma_{f/p}^2$ = variância entre progênies dentro de procedências

n = média harmônica dos indivíduos na parcela

Assim, tem-se (RESENDE & HIGA, 1994):

$$h_{ib} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_{f/p}^2 + \sigma_e^2 + \sigma_d^2} \quad = \text{herdabilidade ao nível de indivíduo no bloco}$$

$$h_{ie} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_{f/p}^2 + \sigma_e^2 + \sigma_d^2 + \sigma_b^2} \quad = \text{herdabilidade ao nível de indivíduo no experimento}$$

$$S(h^2) = \sqrt{\frac{32 \times h^2}{N}} \quad = \text{desvio da herdabilidade (FALCONER, 1987)}$$

Sendo:

N = número total de dados no experimento (blocos x progênies x número de plantas por parcela).

Somente as procedências do centro-leste foram consideradas para o cálculo da herdabilidade. As procedências do norte, apesar de estarem presentes em dois dos quatro experimentos, não foram consideradas para o processo de seleção por apresentaram desempenho significativamente menor e um pequeno número de indivíduos.

3.4 EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO INDIRETA EM RELAÇÃO À SELEÇÃO DIRETA

Para possibilitar a estimativa da eficiência da seleção em mais de um local, com base na interação entre genótipo e ambiente, foram realizadas análises de variância conjuntas dos vários locais. Considerando-se os locais dois a dois, cujas análises não indicaram existência de interação entre genótipo e ambiente, e suas correlações genéticas, foi calculada a eficiência em ganho genético da seleção em um local, contra a eficiência em ganho genético da seleção em outro local, por RESENDE & ROSA-PEREZ (1999):

$$E_{(j/i)/(j/i)} = \frac{\sqrt{h_i^2} \times r_{gg}}{\sqrt{h_j^2}}$$

$$E_{(i/j)/(i/i)} = \frac{\sqrt{h_j^2} \times r_{gg}}{\sqrt{h_i^2}}$$

Sendo:

$E_{(j/i)/(j/j)}$ = eficiência em ganho genético no local "i", através da seleção em "i",
contra o ganho genético em "i" através da seleção no local "j".

$E_{(i/j)/(i/i)}$ = eficiência em ganho genético no local "j", através da seleção em "j",
contra o ganho genético em "j" através da seleção no local "i".

h_i^2 = herdabilidade ao nível de indivíduo no bloco no local i.

h_j^2 = herdabilidade ao nível de indivíduo no bloco no local j.

r_{gg} = correlação genética entre os locais i e j.

As correlações genéticas entre os pares de ambiente, foram estimadas através da expressão derivada por RESENDE (1998):

$$\hat{r}_{gg} = \frac{(F - 1)}{(F - 1) + (l - 1 / F^*)}$$

Onde:

\hat{r}_{gg} = coeficiente de correlação genética entre os locais x e y

F = valor de F para o efeito das progênies da análise de variância conjunta dos locais x e y

F* = valor de F para o efeito da interação entre progênies e locais da análise de variância conjunta dos locais x e y

3.5 AVALIAÇÃO DA FORMA DO FUSTE

A forma do fuste foi classificada segundo um critério de notas estabelecido especificamente para esta espécie, devido à ocorrência de fustes anômalos, chegando a um total espiralamento. A avaliação foi realizada pelo mesmo observador, em todos os experimentos, para uma melhor padronização. Apesar de ser uma variável categórica, a utilização da média da parcela normaliza a distribuição.

Nota 1: fuste apresentando problema grave de espiralamento.

Nota 2: fuste apresentando grave problema de formação, mas não chegando ao espiralamento.

Nota 3: fuste com muita tortuosidade, mas sem problemas de formação.

Nota 4: fuste com tortuosidade perceptível.

Nota 5: fuste tendendo a retidão ou reto.

Foi calculada a porcentagem de árvores nas diferentes classes de notas em cada experimento. A correlação das hierarquias das progênies em forma do fuste entre locais foi calculada pelo método de Spearman (CAMPOS, 1979).

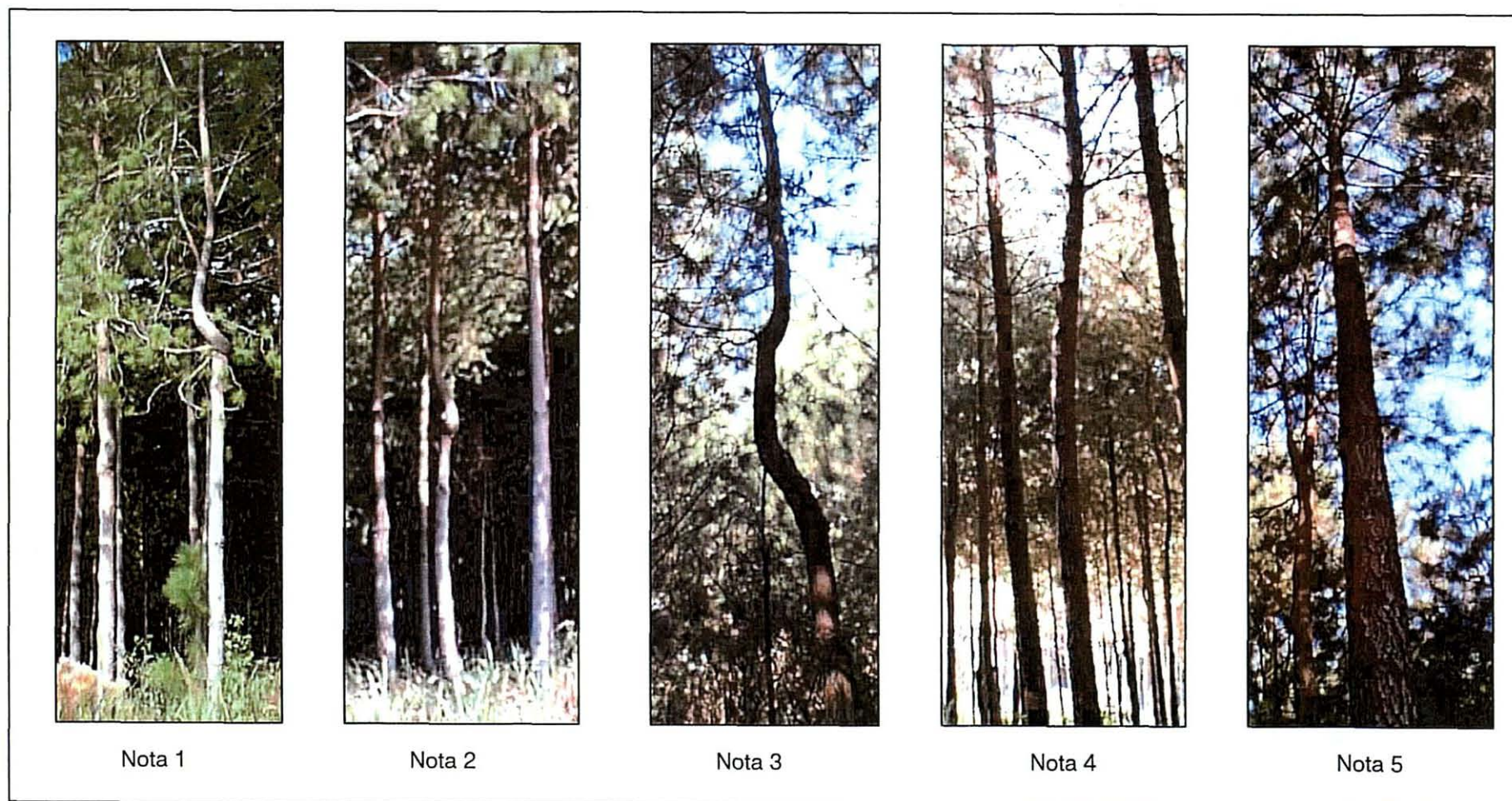


FIGURA 4: REPRESENTAÇÃO DAS FORMAS DE FUSTE DE *P. greggii* SEGUNDO O CRITÉRIO DE NOTAS UTILIZADO.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES DE VARIÂNCIA INDIVIDUAIS E COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ENTRE PROCEDÊNCIAS DE *P. greggii* E TESTEMUNHAS

No experimento instalado em Telêmaco Borba, a procedência de maior crescimento foi El Madroño, seguida por Laguna Atezca e Laguna Seca, porém, sem diferença estatisticamente significativa entre elas. De uma forma geral, houve variação estatisticamente significativa entre as progênies testadas. Mas, na análise dentro de cada procedência, não se detectou variação significativa entre as progênies que representaram a procedência Laguna Atezca, enquanto que nas procedências El Madroño e Laguna Seca, as variações entre progênies foram altamente significativas (tabela 8).

O crescimento entre as procedências do México, testadas em Telêmaco Borba, foi semelhante, aos três anos de idade. A média de DAP para a procedência de Laguna Seca, onde o solo é mais alcalino (5,3 contra 4,6 em El Madroño e 4,2 em Laguna Atezca), foi ligeiramente menor do que o das outras procedências, podendo indicar um problema de adaptação da espécie em relação ao pH (tabelas 1 e 4). A altitude em Telêmaco Borba é aproximadamente 700 m inferior à altitude média das procedências de *P. greggii* testadas neste local. Ainda assim, estas se desenvolveram de forma satisfatória por apresentarem um crescimento maior do que o das duas espécies utilizadas como testemunhas neste experimento.

A precipitação média anual em Telêmaco Borba (1.503 mm) se aproxima à da procedência Laguna Atezca (1.438 mm), mas chega quase ao

dobro às precipitações das procedências El Madroño e Laguna Seca (737 mm e 723 mm, respectivamente). Apesar dessa diferença na precipitação, o material da procedência El Madroño testado, se adaptou bem à região de Telêmaco Borba, com a maior média de crescimento entre as procedências do ensaio.

TABELA 8: ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DAP ENTRE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *P. greggii* EM TELÊMACO BORBA, PR, AOS TRÊS ANOS DE IDADE

Procedência	N	DAP (cm)			
		X	C.V.	QM	F ¹
F _{prog/proc}				2,24	2,61**
El Madroño	16	7,64 A	11,92	2,34	2,72**
Laguna Atezca	16	7,52 A	10,40	1,38	1,61 ns
Laguna Seca	16	7,28 AB	14,62	3,00	3,49**
<i>P. elliottii</i>		5,69 B			
<i>P. taeda</i>		6,58 AB			
F _{entre procedências}				4,41	0,64 ns
média geral: 7,48		CVg: 10,48			

N = número de progênies na procedência; X = DAP médio (cm) na procedência; C.V. = coeficiente de variação do erro experimental (%) por procedência; CVg = coeficiente de variação genética (%); F¹ = F de progênies dentro de procedências; * = significativo com 5% de probabilidade de erro; ** = significativo com 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

Em Ponta Grossa (tabela 9), houve variação altamente significativa entre procedências. Esta variação foi provavelmente influenciada pela presença da procedência Jame no ensaio, representada por apenas três progênies, mas de crescimento bastante diferenciado das demais. Enquanto as procedências El Madroño, Laguna Atezca e Laguna Seca, se situam na região centro-leste do México, Jame se situa na região norte (figura 2). A região norte do México, onde

se encontram algumas populações naturais de *P. greggii*, apresenta condições ambientais bastante diferenciadas das condições experimentais à que foram submetidas essas populações no Brasil. Essas condições ambientais, na região norte, incluem altitudes superiores a 2.300 m e precipitação média anual em torno de 400 mm (contra 1.402 mm em Ponta Grossa). Estas diferenças fizeram com que as procedências da região norte apresentassem um baixo desempenho nos testes onde foram introduzidas no Brasil. O crescimento diamétrico de Jame (região norte) foi de 4,21 cm, aos três anos de idade, contra 9,57 cm de crescimento médio nas procedências do centro-leste (El Madroño, Laguna Atezca e Laguna Seca), no experimento instalado em Ponta Grossa.

Assim como foram observadas variações em DAP entre procedências das regiões norte e centro-leste, DVORAK et al. (1996) observaram 100% de superioridade em altura nas procedências do centro-leste em relação às do norte, no Brasil e na Colômbia aos três anos de idade. Estes resultados comprovam a variabilidade genética entre as populações, o que tem motivado a realização de estudos buscando uma diferenciação intraespecífica (DONAHUE, et al., 1995; DONAHUE & LOPEZ UPTON, 1996).

Todas as procedências do centro-leste apresentaram variação estatisticamente significativa entre progênies em Ponta Grossa. Sendo que esse foi o único local onde foi observada variação altamente significativa entre as progênies que representaram Laguna Atezca (tabela 9). Isso indica que as condições encontradas em Ponta Grossa foram mais propícias para a expressão da variabilidade genética desta procedência.

Com relação aos crescimentos observados, em Ponta Grossa não houve diferença estatisticamente significativa entre as procedências do centro-

leste. Estas procedências de *P. greggii* apresentaram um crescimento maior do que o da testemunha *P. taeda* neste local. A procedência do norte, Jame, apresentou média estatisticamente inferior às procedências do centro-leste e à testemunha *P. taeda*. Ponta Grossa foi ainda o único local onde o crescimento médio de *P. greggii* da procedência Laguna Atezca foi superado pelo de Laguna Seca. A média de DAP em Ponta Grossa foi superior às dos demais locais. Esta observação coincidiu com a conclusão de DONAHUE (1990) sobre a melhor adaptação da espécie em solos mais ácidos, uma vez que Ponta Grossa apresentou o menor pH (3,65) entre os locais testados, apesar de apresentar pH ainda inferior aos locais de origem (4,1 a 5,4 para as procedências do centro-leste e 6,6 a 7,7 para as procedências do norte).

O DAP médio de *P. greggii* em Ponta Grossa foi estatisticamente superior ao do *P. taeda*, segundo o teste Tukey a 5%, para as três procedências do centro-leste. A procedência do norte incluída no ensaio, Jame, apresentou média estatisticamente inferior às procedências do centro-leste e à testemunha *P. taeda*. Este teste mostrou a superioridade das procedências do centro-leste do México, de menor altitude, quando comparadas às do norte, de regiões com altitudes elevadas (aproximadamente 2.450 m) quando comparadas à situação do ensaio (tabelas 1 e 4).

TABELA 9: ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DAP ENTRE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *P. greggii* EM PONTA GROSSA, PR, AOS TRÊS ANOS DE IDADE

Procedência	N	DAP (cm)			
		X	C.V.	QM	F ¹
F _{prog/proc}				4,63	5,33**
El Madroño	16	9,60 A	8,58	4,10	4,72**
Laguna Atezca	12	9,51 A	9,27	2,72	3,14**
Laguna Seca	16	9,54 A	11,23	6,79	7,81**
Jame	2	4,22 C	17,30	1,02	1,18 ns
<i>P. taeda</i>		8,00 B			
F _{entre procedências}				216,40	47,01**
média geral: 9,23		CVg: 14,01			

N = número de progênies na procedência; X = DAP médio (cm) na procedência; C.V. = coeficiente de variação do erro experimental (%) por procedência; CVg = coeficiente de variação genética (%); F¹ = F de progênies dentro de procedências; * = significativo com 5% de probabilidade de erro; ** = significativo com 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

Em Campo do Tenente (tabela 10), assim como em Ponta Grossa, onde também foram incluídas procedências de *P. greggii* representando a população encontrada na região norte do México, a variação entre procedências foi altamente significativa. Mostrando a influência do efeito de procedências em duas análises distintas DVORAK et al. (1996) realizaram análises envolvendo ambas as regiões de ocorrência de *P. greggii* (norte e centro-leste) e cada região separadamente. No primeiro caso, o efeito de procedências respondeu por até 80% da variação total, enquanto que, para o segundo caso, este efeito foi reduzido para um valor entre 1% e 4% da variação total.

Em Campo do Tenente, não foi detectada variação estatisticamente significativa em crescimento dentro da procedência Laguna Atezca, sendo que o mesmo ocorreu em Telêmaco Borba. As progênies de Laguna Atezca testadas nestes ambientes ou os próprios locais (Campo do Tenente e Telêmaco Borba)

não favoreceram a expressão da variabilidade existente nesta procedência. Porém, pode se detectar a existência de variação dentro desta procedência através dos ensaios estabelecidos em Ponta Grossa (tabela 9) e Correia Pinto (tabela 11). Em Campo do Tenente, a variação entre progênies dentro da procedência El Madroño foi detectada, porém, com menor significância estatística do que em Ponta Grossa e Telêmaco Borba.

Os coeficientes de variação do erro experimental entre progênies nas procedências Las Placetas e Jame (51,45% e 32,23%, respectivamente), em Campo do Tenente, não permitiram a detecção de variação entre as progênies testadas. Essas procedências, que representam a região norte do México no ensaio, apresentaram novamente um menor crescimento do que o das procedências da região centro-leste (médias de DAP de 2,8 cm e 7,9 cm, respectivamente). Esta diferença está relacionada às condições ambientais nas duas regiões quando comparadas às condições do ensaio, como comentado nos resultados do teste em Ponta Grossa.

A classificação decrescente em crescimento diamétrico das procedências foi El Madroño, Laguna Atezca e Laguna Seca, as quais foram superiores às testemunhas *P. taeda* e *P. elliottii*, com exceção de Laguna Seca. A constatação por DVORAK et al. (1996) de que *P. greggii* apresenta, no Brasil, médias de crescimento em altura similar ou superior ao *P. taeda* e *P. elliottii*, se assemelha ao obtido neste trabalho para o DAP.

TABELA 10: ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DAP ENTRE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *P. greggii* EM CAMPO DO TENENTE, PR, AOS TRÊS ANOS DE IDADE

Procedência	N	DAP (cm)			
		X	C.V. (%)	QM	F ¹
F _{prog/proc}				1,65	1,85**
El Madroño	16	8,32 A	10,44	1,51	1,70*
Laguna Atezca	8	8,17 A	10,89	1,29	1,45 ns
Laguna Seca	9	7,06 A	15,94	2,52	2,84**
Las Placetas	2	3,08 B	51,45	0,14	0,16 ns
Jame	3	2,63 B	32,23	1,21	1,36 ns
<i>P. taeda</i>		7,33 A			
F _{entre procedências}				307,65	63,01**
média geral: 7,17		CVg: 8,11			

N = número de progênies na procedência; X = DAP médio (cm) na procedência; C.V. = coeficiente de variação do erro experimental (%) por procedência; CVg = coeficiente de variação genética (%); F¹ = F de progênies dentro de procedências; * = significativo com 5% de probabilidade de erro; ** = significativo com 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

Houve variação altamente significativa entre as procedências de *P. greggii* do centro-leste do México em Correia Pinto (tabela 11). Apesar disso, o teste Tukey não detectou diferença entre elas. Isto ocorreu porque o teste F foi obtido através da análise envolvendo apenas o material do México, enquanto que o teste Tukey envolveu também as testemunhas. Mas, considerando apenas *P. greggii*, nota-se a superioridade do crescimento das procedências El Madroño e Laguna Atezca em relação à Laguna Seca para este local. Comparando com as testemunhas, o crescimento de *P. greggii* das procedências El Madroño e Laguna Atezca foi semelhante, enquanto o de Laguna Seca foi inferior. Para a seleção direta neste local, recomenda-se as procedências El Madroño e Laguna Atezca.

Correia Pinto foi o único local onde não foi constatada variação significativa entre as progênies de El Madroño. A variação entre as progênies de

Laguna Atezca e Laguna Seca foram estatisticamente significativas (tabela 11). Correia Pinto foi o local de maior altitude incluído no presente trabalho (920 m), sendo, neste aspecto ambiental, o mais semelhante às regiões de ocorrência natural de *P. greggii*. Apesar disso, nesse local, houve o menor crescimento diamétrico. O número médio de geadas por ano (17), pode ter contribuído para esse resultado. A temperatura média anual em Correia Pinto (17,9 °C) é semelhante às de El Madroño (17,4 °C) e Laguna Seca (17 °C), e cerca de dois graus inferior à de Laguna Atezca. Considera-se que a latitude (figura 3), foi o aspecto ambiental preponderante para o menor crescimento em Correia Pinto.

TABELA 11: ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DAP ENTRE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIAS DE *P. greggii* EM CORREIA PINTO, SC, AOS TRÊS ANOS DE IDADE

Procedência	N	DAP (cm)			
		X	C.V. (%)	QM	F ¹
F _{prog/proc}				1,48	1,82**
El Madroño	16	5,49 A	15,66	1,10	1,35 ns
Laguna Atezca	16	5,22 A	16,54	1,46	1,89*
Laguna Seca	14	4,67 A	22,71	1,93	2,38**
<i>P. elliottii</i>		5,04 A			
<i>P. taeda</i>		5,47 A			
F _{entre procedências}				23,20	6,59**
média geral: 5,14		CVg: 10,59			

N = número de progênies na procedência; X = DAP médio (cm) na procedência; C.V. = coeficiente de variação do erro experimental (%) por procedência; CVg = coeficiente de variação genética (%); F¹ = F de progênies dentro de procedências; * = significativo com 5% de probabilidade de erro; ** = significativo com 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

As progênies oriundas de Laguna Seca apresentaram variação altamente significativa em todos os locais, apesar de ter apresentado a menor média dentre as três procedências do centro-leste. Esta variabilidade indica,

porém, a possibilidade de aumentar esta média dessa procedência através de seleções entre suas progênies.

Em Ponta Grossa e Campo do Tenente, a variação entre procedências foi altamente significativa (tabelas 9 e 10), provavelmente devido à inclusão das procedências do norte. Em Correia Pinto, mesmo na ausência das procedências do norte, houve variação altamente significativa entre as procedências.

Observou-se um maior desenvolvimento em DAP das árvores plantadas em Ponta Grossa, bem como a maior expressão da variabilidade genética em relação à média observada, o que foi indicado pelo maior coeficiente de variação genética. O fato das médias apresentarem-se menores em Correia Pinto, pode estar relacionado com a latitude da região (tabela 4), quando comparadas com as latitudes da origem (tabela 1). Porém, para que a melhor faixa latitudinal de adaptação da espécie no Brasil possa ser determinada, há necessidade de restabelecer experimentos em um maior número de locais. Se comprovado, então, que a latitude foi o fator que implicou em um menor desempenho em crescimento de *P. greggii*, esta espécie deverá ser indicada para plantios comerciais no Paraná, preferencialmente a Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde o crescimento seria menor.

P. taeda, espécie de crescimento reconhecido nas regiões dos testes, apresentou média inferior ou semelhante à média de *P. greggii* para crescimento nos ensaios. Portanto, *P. greggii* apresenta potencial para reflorestamento comercial nestes locais. Porém, recomenda-se o acompanhamento de plantios comerciais pilotos, principalmente sob o aspecto fitossanitário, de grande importância para uma avaliação prévia ao estabelecimento em larga escala.

O crescimento de *P. greggii* em Campo do Tenente, também indica a oportunidade de inclusão desta espécie no reflorestamento, assim como em Correia Pinto, onde seu crescimento foi equivalente ao de *P. taeda*. Este desempenho, associado à variação existente nestas populações, indica a possibilidade de obtenção de ganhos substanciais de produção para a espécie. Recomenda-se que a variação detectada por esta rede experimental, seja utilizada de duas formas paralelas: seleção e estabelecimento de pomar para produção de sementes; e instalação de testes clonais para a identificação de material genotípico superior a ser propagado, uma vez que a população do ensaio já apresenta um desempenho no mínimo semelhante ao das espécies utilizadas comercialmente nos locais.

4.2 INTERAÇÃO ENTRE GENÓTIPO E AMBIENTE

A análise de variância conjunta, envolvendo as médias das progênies de *P. greggii* em comum aos quatro locais, indicou a existência de interação entre genótipos e ambientes (tabela 12). A manifestação desta interação foi detalhada através do desdobramento da análise em pares de locais.

TABELA 12: ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONJUNTA DAS PROGÊNIES DE *P. greggii* NOS QUATRO LOCAIS DE ESTUDO PARA A VARIÁVEL DAP AOS TRÊS ANOS DE IDADE

FV	GL	QM	F	
Bloco/Local	32	6,33	3,31	
Local	3	877,77	79,95	**
Progenie	23	11,94	2,56	**
Local x Progenie	69	4,67	2,44	**
Erro	736	1,91		
Total	863			
Média Geral	6,75 cm			
Coeficiente de Variação	10,67 %			

** significativo com 1% de probabilidade de erro; * significativo com 5% de probabilidade de erro; ^{ns} não significativo.

As análises em pares de ambiente mostraram, de forma detalhada, se a interação genótipo x ambiente indicada na análise conjunta para todos os locais, está sendo influenciada por somente algum par ou pares de ambiente específico(s). Através da identificação dos pares de locais que contribuem efetivamente para a interação detectada, pode-se melhor definir estratégias para programas de melhoramento (tabela 14).

Considerando somente os experimentos plantados em Telêmaco Borba e Correia Pinto, a análise mostrou que o efeito da interação entre progênies e locais não foi significativo. O efeito de locais, no entanto, para este par de ambientes, foi altamente significativo, possivelmente devido às características geográficas e ambientais, como a latitude e o número médio de geadas por ano.

Para o par de locais Telêmaco Borba e Campo do Tenente também não foi detectada interação significativa entre genótipos e ambientes. Entre as características ambientais anteriormente apresentadas (tabela 4), a única

semelhança entre Telêmaco Borba e Campo do Tenente é a acidez do solo (pH 4,20).

A análise envolvendo os experimentos de Telêmaco Borba e Ponta Grossa detectou interação entre progênies e locais altamente significativa. A interação entre esses locais se mostrou importante (figura 5), por envolver progênies de alta produtividade (tabela 13). Não é recomendável a seleção indireta envolvendo os locais Telêmaco Borba e Ponta Grossa, pela grande possibilidade do material selecionado em um local não ser o mais produtivo para o outro, havendo perda no aproveitamento do potencial existente neste local.

Entre as progênies plantadas em Correia Pinto e Ponta Grossa, identificou-se a presença de interação entre progênies e os locais em questão e correlação não significativa entre as classificações das progênies nesses locais (tabela 15). A figura 3 mostra que o fotoperíodo é uma diferença ambiental importante entre estes locais. Correia Pinto está aproximadamente dois graus de latitude mais ao sul do que Ponta Grossa e em altitude ligeiramente maior, resultando em quase o dobro de geadas do que em Ponta Grossa (tabela 4). Para o caso de Correia Pinto e Campo do Tenente, houve interação significativa também entre progênies e locais, não sendo indicada a seleção indireta.

Nos testes envolvendo Ponta Grossa e Campo do Tenente a interação entre progênies e locais foi altamente significativa. Essa interação deve ser considerada como um prejuízo à seleção indireta envolvendo esses locais, uma vez que incluiu a inversão do ordenamento das progênies entre esses locais, que apresentaram correlação negativa. Há diferença no pH do solo entre Ponta Grossa (3,65) e Campo do Tenente (4,19). Segundo DONAHUE, 1990, a espécie se mostra sensível a esta variável de sítio.

De maneira geral, as interações indicadas pela análise conjunta com os quatro locais não representam efeito de escala, e sim, a inversão da posição relativa das progênies de um local para outro (tabela 13) para o crescimento. Sob o ponto de vista fenotípico, as progênies que mantiveram a posição em mais de um local, foram 103 e 7, que apresentaram, respectivamente, o menor crescimento e o quarto maior crescimento em três dos quatro locais avaliados.

O coeficiente de correlação de Spearman (tabela 15), refletiu o obtido nas análises de variância conjuntas. Nos experimentos envolvendo Telêmaco Borba e Campo do Tenente, bem como Telêmaco Borba e Correia Pinto, as interações entre genótipo e ambiente foram não significativas e as correlações de Spearman foram significativas.

TABELA 13: CLASSIFICAÇÃO FENOTÍPICA DAS PROGÊNIES DE *P. greggii* SEGUNDO O DAP, EM DIFERENTES LOCAIS, AOS TRÊS ANOS DE IDADE

Ordem	Telêmaco Borba	Correia Pinto	Ponta Grossa	Campo do Tenente
1	18	5	6	30
2	38	19	108	38
3	13	35	16	9
4	7	7	7	18
5	12	11	109	37
6	17	8	11	26
7	11	18	19	17
8	35	9	9	6
9	109	12	35	16
10	30	26	5	12
11	19	30	37	35
12	6	6	17	8
13	8	17	104	11
14	37	38	30	13
15	9	37	13	7
16	16	101	103	109
17	5	13	100	19
18	26	109	38	111
19	100	108	8	104
20	108	100	101	5
21	111	104	12	108
22	104	111	26	101
23	101	16	18	100
24	103	103	111	103

TABELA 14: ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONJUNTA DO DAP DAS PROGÊNIES DE *P. greggii* NOS PARES DE LOCAIS AOS TRÊS ANOS DE IDADE

	TB + CP			TB + PG		TB + CT		CP + PG		CP + CT		PG + CT	
FV	GL	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Bloco/Local	16	6,49	4,34	6,29	3,18	7,72	4,11	4,95	2,54	6,38	3,45	6,18	2,65
Local	1	1.073,33	131,56 **	317,65	28,41	22,07	2,36 ^{ns}	2558,80	235,46	787,56	75,45	507,20	33,71
Progênie	23	7,74	4,60 **	6,11	1,23	11,96	4,94 **	5,64	0,95	10,79	2,64	7,59	0,85
Local x Progênie	23	1,68	1,13 ^{ns}	4,96	2,51 **	2,42	1,29 ^{ns}	5,93	3,04 **	4,08	2,21 **	8,93	3,83 **
Erro	368	1,49		1,98		1,88		1,95		1,85		2,33	
Total	431												
CV			7,66		9,19		7,42		12,48		12,43		12,69

GL = graus de liberdade; * significativo com 1% de probabilidade de erro; ** significativo com 5% de probabilidade de erro; ^{ns} não significativo; TB = Telêmaco Borba; CP = Correia Pinto; PG = Ponta Grossa; CT = Campo do Tenente; CV = coeficiente de variação experimental (%).

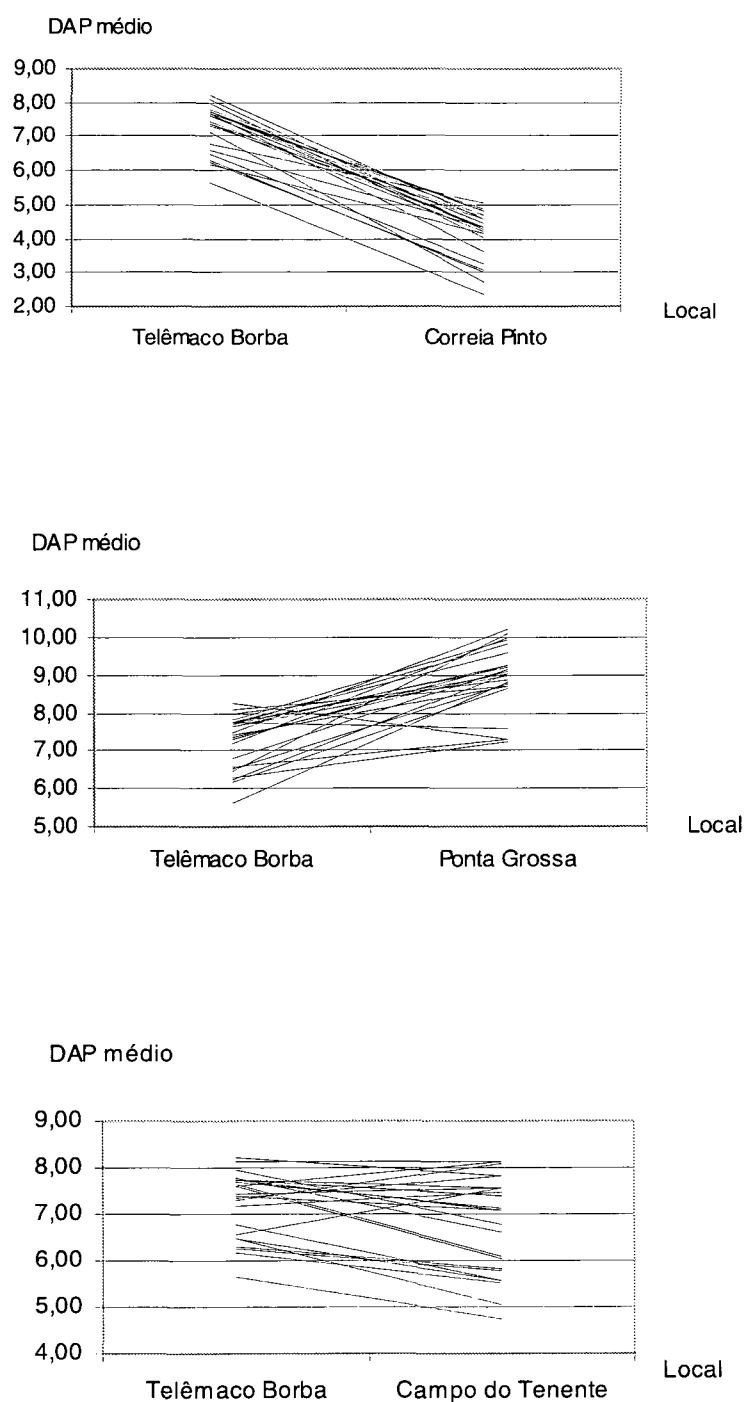


FIGURA 5: CRESCIMENTO DE PROGÊNIES DE *P. greggii* REPRESENTADO PARA OS PARES DE LOCAIS: TELÊMACO BORBA - CORREIA PINTO, TELÊMACO BORBA - PONTA GROSSA E TELÊMACO BORBA - CAMPO DO TENENTE AOS TRÊS ANOS DE IDADE.

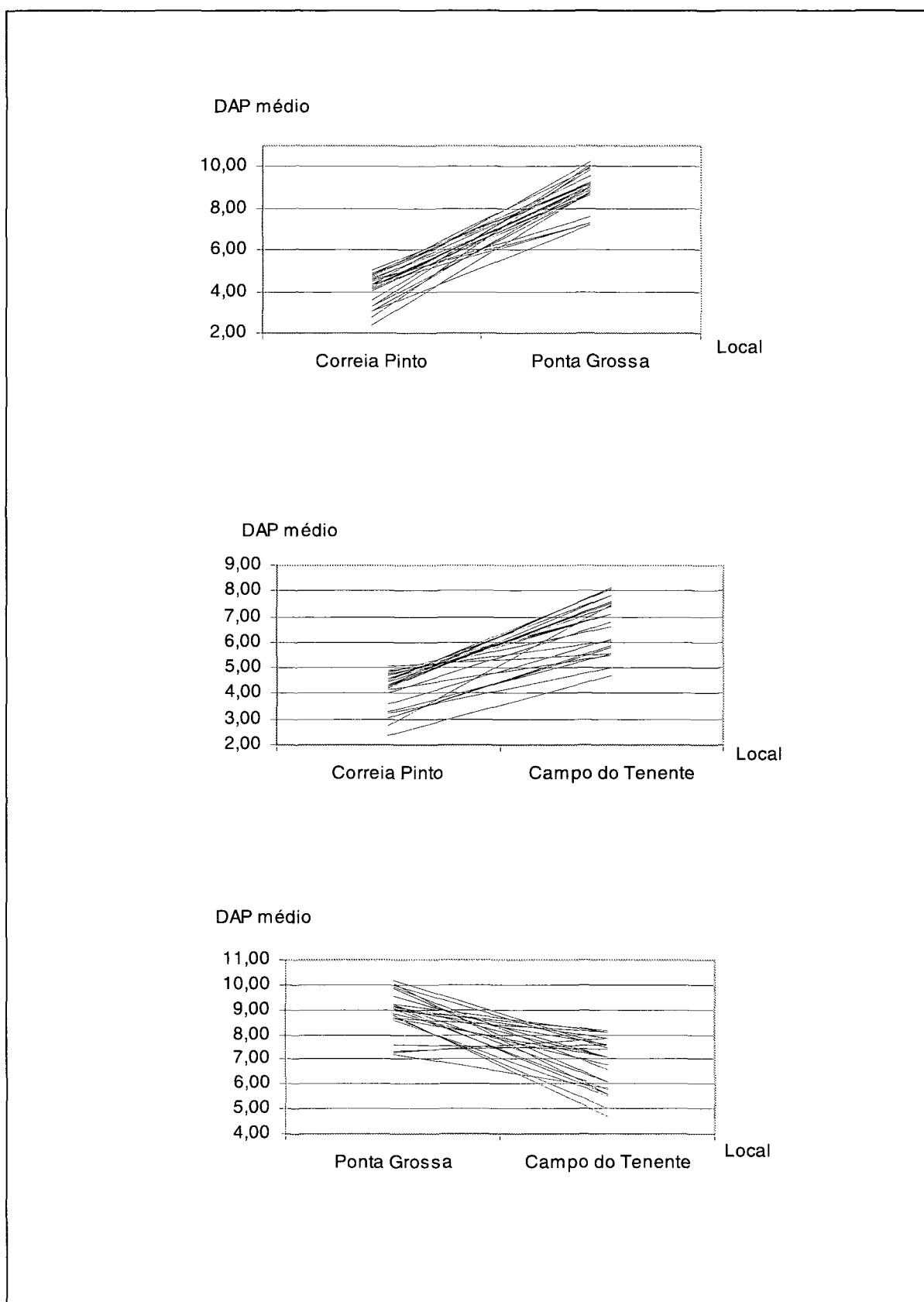


FIGURA 6: CRESCIMENTO DE PROGÊNIES DE *P. greggii* REPRESENTADO PARA OS PARES DE LOCAIS: CORREIA PINTO - PONTA GROSSA, CORREIA PINTO - CAMPO DO TENENTE, PONTA GROSSA - CAMPO DO TENENTE AOS TRÊS ANOS DE IDADE.

TABELA 15: COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE PROGÊNIES DE *P. greggii* PARA DAP NOS LOCAIS DE AVALIAÇÃO.

	Campo do Tenente	Ponta Grossa	Correia Pinto	Telêmaco Borba
Campo do Tenente	-	-0,06 ns	0,51**	0,58**
Ponta Grossa	-	-	0,25 ns	0,06 ns
Correia Pinto	-	-	-	0,50**
Telêmaco Borba	-	-	-	-

** significativo com 1% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

Agrupando as progênies nas respectivas procedências, a análise envolvendo todos os locais de plantio não detectou interação com os locais (tabela 16).

TABELA 16: ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONJUNTA EM DAP DAS PROCEDÊNCIAS DE *P. greggii* EM QUATRO LOCAIS DE ESTUDO AOS TRÊS ANOS DE IDADE

FV	GL	QM	F	
Bloco/Local	32	0,69	1,45	
Local	3	92,50	135,00	**
Procedência	2	6,95	8,30	*
Local x Procedência	6	0,84	1,77	ns
Erro	64	0,47		
Total	107			
Média geral	7,50 cm			
Coeficiente de Variação	4,07 %			

** significativo com 1% de probabilidade de erro; * significativo com 5% de probabilidade de erro; ns não significativo.

Considerando apenas as progênies em comum aos quatro locais, para representar suas procedências, a análise mostrou que El Madroño e Laguna Atezca apresentaram crescimento diamétrico semelhante entre si e superior ao de

Laguna Seca em Telêmaco Borba, Correia Pinto e Campo do Tenente. O desempenho das três procedências em Ponta Grossa, no entanto, não apresentou diferenciação expressiva (tabela 17). Devido à pouca diferença entre El Madroño, Laguna Atezca e Laguna Seca, nesse local, é provável que a ordem de classificação ainda se altere com a idade.

A amostragem das procedências para a introdução de *P. greggii* no Brasil representa de forma satisfatória sua ocorrência natural. Sempre existe, porém, a possibilidade de amostragens mais amplas de progênes, devido às dificuldades de acesso que normalmente são encontradas durante a coleta de sementes, principalmente em regiões montanhosas.

TABELA 17: MÉDIAS DO DAP (cm) EM *P. greggii* PARA AS PROGÊNES COMUNS AOS LOCAIS AOS TRÊS ANOS DE IDADE

LOCAL/PROCEDÊNCIA	El Madroño	Laguna Atezca	Laguna Seca
Telêmaco Borba	7,58	7,47	6,43
Correia Pinto	4,41	4,40	3,25
Ponta Grossa	8,93	8,99	8,91
Campo do Tenente	7,09	7,76	5,51

Considerando-se o comportamento relativo das procedências nos locais aos pares (tabela 18), houve interação significativa para os locais Correia Pinto - Ponta Grossa e para Ponta Grossa - Campo do Tenente. A análise gráfica desses dados (figuras 5 e 6), mostrou interação entre todos os pares de locais que envolveram Ponta Grossa. Por exemplo, se escolhida a procedência Laguna Seca, que em Ponta Grossa apresentou crescimento similar aos de El Madroño e

Laguna Atezca, o crescimento seria inferior ao obtido com a escolha destas procedências para o plantio em Telêmaco Borba, Correia Pinto e Campo do Tenente.

Considerando-se os locais Telêmaco Borba e Campo do Tenente (figura 7) verifica-se a interação das procedências com os locais. Pois, em função do crescimento observado em Telêmaco Borba, aos três anos de idade, poderiam ser indicadas as procedências El Madroño ou Laguna Atezca, sem distinção. A escolha de ambas as procedências para o plantio em Campo do Tenente, acarretaria em um crescimento médio semelhante ao observado em Telêmaco Borba. Por outro lado, a escolha de El Madroño implicaria no sub-aproveitamento do potencial da espécie para Campo do Tenente, se comparado à escolha de Laguna Atezca (figura 7).

As análises de variância englobando as procedências testadas em cada par de ambientes mostraram que somente nos testes envolvendo Telêmaco Borba e Campo do Tenente o efeito de local não foi significativo sobre o crescimento diamétrico (tabela 18). Esta ausência de interação entre os locais, associada à ausência de interação tanto entre progênies e ambientes como entre procedências e ambientes, indica este par de locais como o mais promissor à seleção indireta, sem implicar em perdas no aproveitamento do potencial existente. Porém, para uma melhor definição da estratégia a ser utilizada, buscando a otimização dos ganhos genéticos a serem obtidos com a seleção, deve-se considerar o estudo da eficiência, sobre o ganho genético, da seleção indireta sobre a seleção direta para esses locais. Isto porque, mesmo na ausência de interação entre genótipos e locais, pode haver diferença significativa entre as eficiências das seleções em um e outro local.

TABELA 18: ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONJUNTA DO DAP DAS PROCEDÊNCIAS DE *P. greggii* NOS PARES DE LOCAIS AOS TRÊS ANOS DE IDADE

FV	GL	TB + CP			TB + PG		TB + CT		CP + PG		CP + CT		PG + CT	
		QM	F		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Bloco/Local	16	0,64	1,37		0,56	1,21	1,00	1,31	0,37	2,03	0,81	1,67	0,73	1,52
Local	1	77,98	121,17**		59,16	105,60**	1,62	1,62 ^{ns}	272,97	737,02	102,09	126,01**	41,19	56,66
Procedência	2	4,73	19,61*		0,98	1,60 ^{ns}	5,30	12,26 ^{ns}	2,14	1,35	7,80	111,08**	2,41	1,16
Local x Procedência	2	0,24	0,51 ^{ns}		0,61	1,33 ^{ns}	0,43	0,57 ^{ns}	1,59	8,69**	0,07	0,15 ^{ns}	2,08	4,35*
Erro	32	0,47			0,46		0,76		0,18		0,48		0,48	
Total	53													
CV			2,60			3,06		2,86		5,73		1,37		5,51

GL = graus de liberdade; * significativo com 1% de probabilidade de erro; ^{ns} não significativo; TB = Telêmaco Borba; CP = Correia Pinto; PG = Ponta Grossa; CT = Campo do Tenente; CV = coeficiente de variação experimental (%).

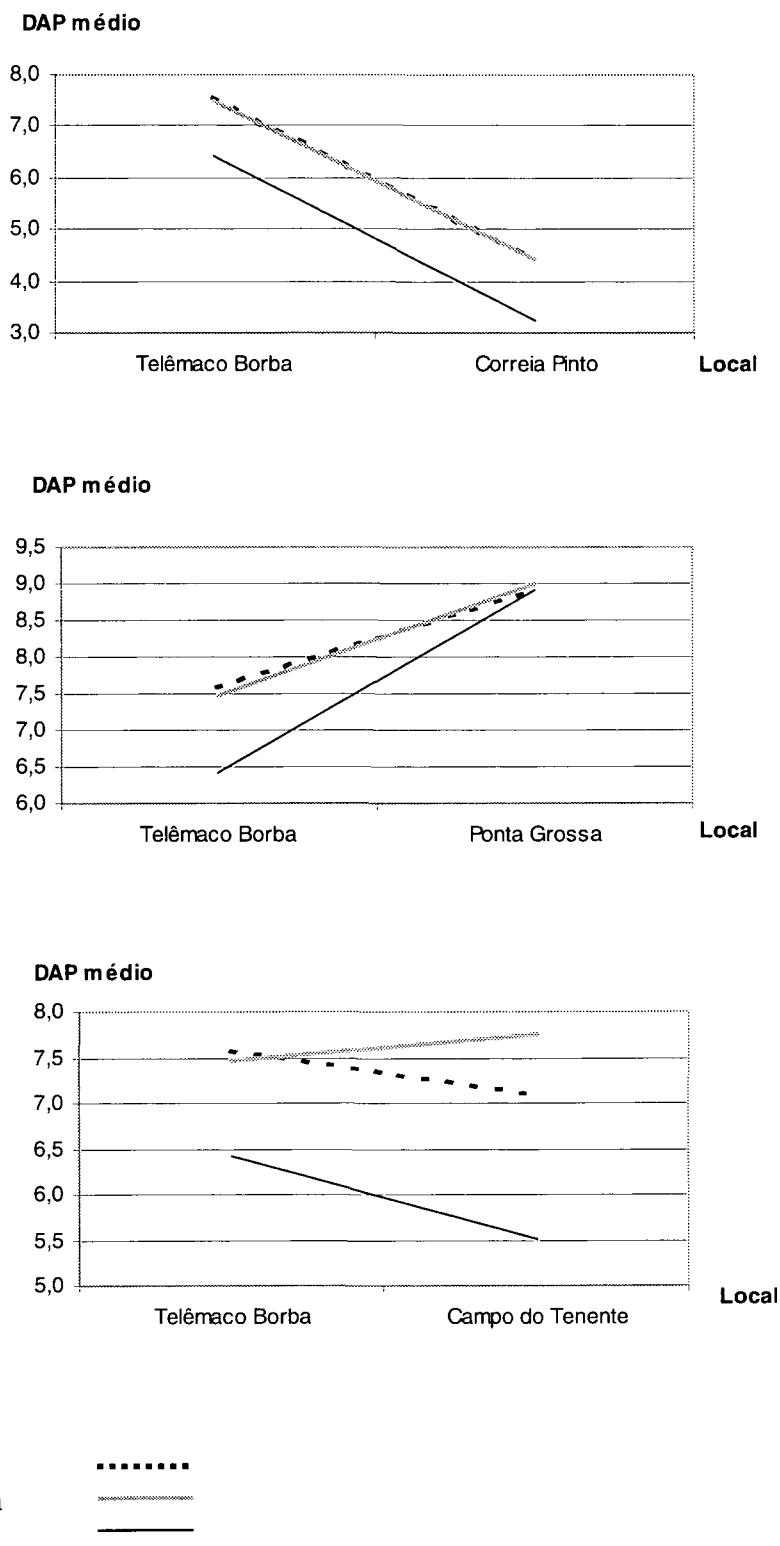


FIGURA 7: CRESCIMENTO DE PROCEDÊNCIAS DE *P. greggii* REPRESENTADO PARA OS PARES DE LOCAIS: TELÊMACO BORBA - CORREIA PINTO, TELÊMACO BORBA - PONTA GROSSA, TELÊMACO BORBA - CAMPO DO TENENTE AOS TRÊS ANOS DE IDADE.

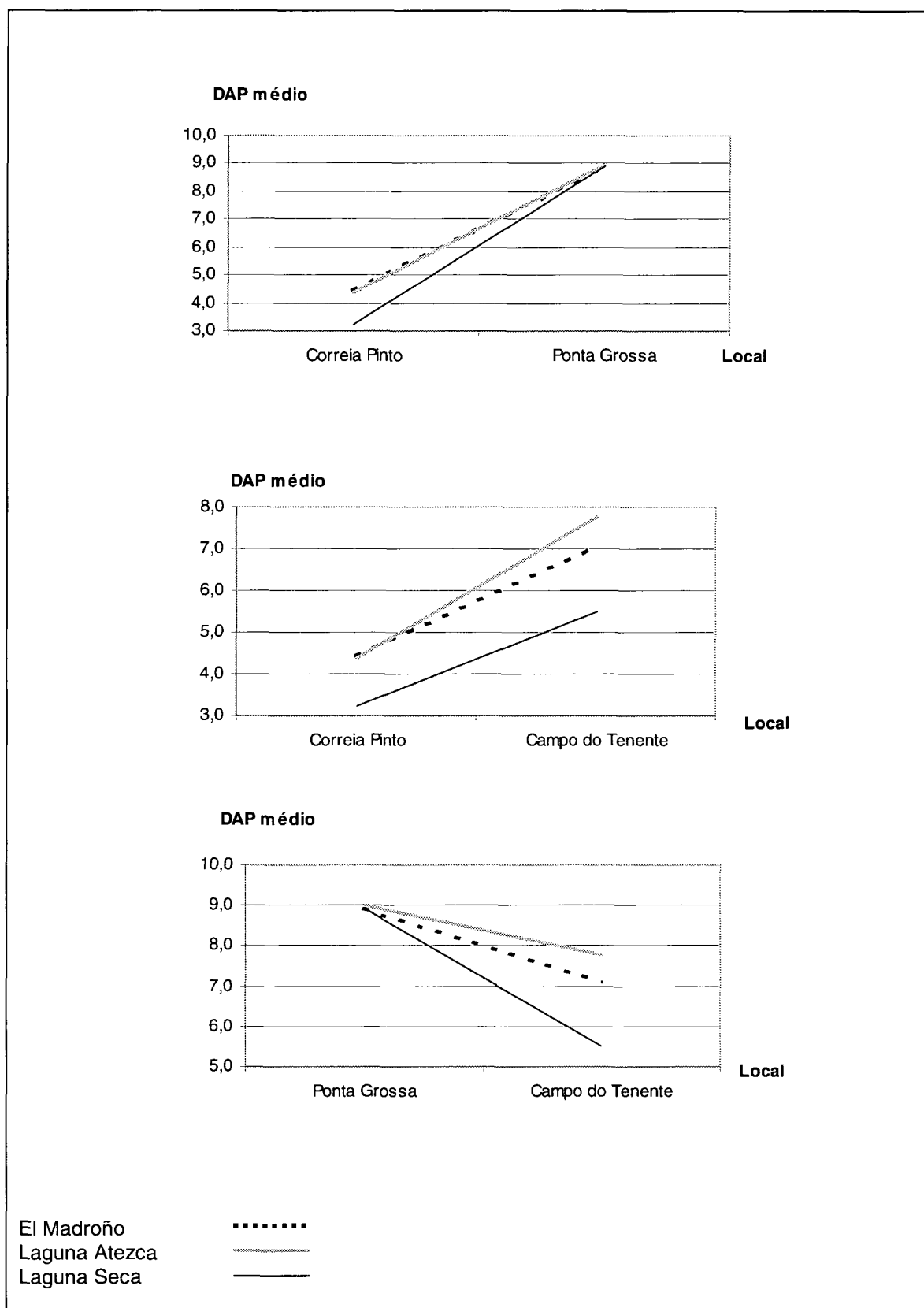


FIGURA 8: CRESCIMENTO DE PROCEDÊNCIAS DE *P. greggii* REPRESENTADO PARA OS PARES DE LOCAIS: CORREIA PINTO - PONTA GROSSA, CORREIA PINTO - CAMPO DO TENENTE, PONTA GROSSA - CAMPO DO TENENTE AOS TRÊS ANOS DE IDADE.

4.3 ESTIMATIVA DA HERDABILIDADE

Destacaram-se as elevadas estimativas de herdabilidade no sentido restrito em DAP de *P. greggii* em Ponta Grossa. Essas estimativas variaram entre procedências (0,13 a 0,22 em Telêmaco Borba; 0,06 a 0,13 em Correia Pinto; 0,29 a 0,73 em Ponta Grossa – tabela 19) e entre locais (0,11 a 0,52 – tabela 20). Uma variação ainda maior entre locais (0,13 a 0,71), foi encontrada por SATO (1980) em circunferência do tronco a 30 cm do solo, para *P. caribaea*.

TABELA 19: ESTIMATIVAS DA HERDABILIDADE NO SENTIDO RESTRITO AO NÍVEL DE INDIVÍDUO NO BLOCO (h^2_{ib}) E INDIVÍDUO NO EXPERIMENTO (h^2_{ie}) DO DAP AOS TRÊS ANOS DE IDADE, DE TRÊS PROCEDÊNCIAS DE *P. greggii* EM QUATRO AMBIENTES:

Locais de Plantio	Procedências	h^2_{ib}	h^2_{ie}
Telêmaco Borba	El Madroño	$0,21 \pm 0,09$	$0,18 \pm 0,08$
	Laguna Atezca	$0,13 \pm 0,07$	$0,11 \pm 0,06$
	Laguna Seca	$0,22 \pm 0,09$	$0,20 \pm 0,09$
Correia Pinto	El Madroño	$0,06 \pm 0,05$	$0,06 \pm 0,05$
	Laguna Atezca	$0,13 \pm 0,07$	$0,12 \pm 0,07$
	Laguna Seca	$0,10 \pm 0,07$	$0,09 \pm 0,06$
Ponta Grossa	El Madroño	$0,55 \pm 0,16$	$0,55 \pm 0,16$
	Laguna Atezca	$0,29 \pm 0,13$	$0,28 \pm 0,13$
	Laguna Seca	$0,73 \pm 0,18$	$0,70 \pm 0,18$
Campo do Tenente	El Madroño	$0,10 \pm 0,06$	$0,08 \pm 0,05$
	Laguna Atezca ^a	-	-
	Laguna Seca ^a	-	-

^a - procedências com menos de 10 progênies não foram consideradas para cálculo da herdabilidade.

As características de crescimento, geralmente apresentam baixos coeficientes de herdabilidade, indicando um baixo controle genético em relação aos fatores ambientais na manifestação do fenótipo das árvores (ZOBEL & TALBERT, 1984). O elevado coeficiente de herdabilidade do crescimento diamétrico de *P. greggii*, em Ponta Grossa, indica um melhor controle ambiental neste experimento.

Como a herdabilidade não é apenas uma propriedade do caráter, mas também da população e das condições a que estão submetidos os indivíduos (RAMALHO et al., 1990), esta variação pode ser explicada pela introdução de mais variação genética em determinado local (implicando em aumento da estimativa da herdabilidade) e pelo rigor do controle experimental. As condições experimentais, quando melhor controladas, reduzem a contribuição da variação ambiental na variação fenotípica total, aumentando a estimativa da herdabilidade. O maior coeficiente de variação genética associado ao menor coeficiente de variação do erro experimental foi observado em Ponta Grossa, onde a estimativa para a herdabilidade de DAP foi elevada (tabela 20).

TABELA 20: COEFICIENTES DE VARIAÇÃO GENÉTICA E DO ERRO EXPERIMENTAL EM ENSAIOS DE *P. greggii*, AOS TRÊS ANOS DE IDADE, INCLUINDO AS PROCEDÊNCIAS EL MADROÑO, LAGUNA ATEZCA E LAGUNA SECA.

	CVg (%)	CVe (%)
Telêmaco Borba	10,45	13,76
Ponta Grossa	13,53	9,77
Correia Pinto	10,59	18,42
Campo do Tenente	7,65	14,26

As estimativas de herdabilidade para um único ambiente são normalmente superestimadas, pois não é possível separar a variância da interação de progênie por ambiente, da variância devido à progênie. Por isso, tais estimativas são válidas somente para os testes que geraram os dados. Além disso, devido à precocidade das árvores avaliadas, o acompanhamento da evolução desses dados em idades mais adultas será importante para maior segurança dessas estimativas (SHIMIZU et al., 1982).

TABELA 21: HERDABILIDADES DO DAP AO NÍVEL DE INDIVÍDUO NO BLOCO E INDIVÍDUO NO EXPERIMENTO EM *P. greggii* AOS TRÊS ANOS DE IDADE PARA AS PROCEDÊNCIAS DO CENTRO-LESTE DO MÉXICO

	h^2_{ib}	h^2_{ie}
Telêmaco Borba	$0,19 \pm 0,05$	$0,18 \pm 0,05$
Correia Pinto	$0,11 \pm 0,04$	$0,10 \pm 0,04$
Ponta Grossa	$0,52 \pm 0,09$	$0,51 \pm 0,09$
Campo do Tenente	$0,12 \pm 0,05$	$0,10 \pm 0,04$

4.4 PROGRESSO ESPERADO COM A SELEÇÃO PELO ÍNDICE MULTI-EFEITO

A amplitude de variação das estimativas de ganho genético através da seleção de 30 indivíduos no experimento, foi de 8,65%, em Campo do Tenente, a 22,03%, em Ponta Grossa (tabela 22).

TABELA 22: GANHOS GENÉTICOS (%) EM DAP DECORRENTES DA SELEÇÃO ATRAVÉS DO ÍNDICE MULTI-EFEITOS NO EXPERIMENTO PARA QUATRO LOCAIS

LOCAL	MÉDIA ATUAL	GANHO (%) ^a	NOVA MÉDIA (cm)
Campo do Tenente	7,94	8,65	8,63
Correia Pinto	5,13	12,02	5,75
Ponta Grossa	9,52	22,03	11,62
Telêmaco Borba	7,48	13,25	8,47

^a: ganho acumulado decorrente da seleção de 30 indivíduos para estabelecimento de Pomar de Sementes Clonal.

Pinus greggii já vem apresentando desempenho promissor, uma vez que seu crescimento é no mínimo comparável ao do *P. taeda*, nas regiões onde esta espécie é comercialmente utilizada. O método considerado neste trabalho mostra a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos (tabela 22) que, se efetivados pela seleção, podem incrementar ainda mais a produtividade da espécie.

4.5 CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE LOCAIS E EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO

Obteve-se uma correlação genética entre os quatro locais, aos três anos de idade, para a variável DAP, de 40%. A correlação genética foi calculada também para pares de ambiente para determinar a eficiência da seleção indireta contra a da seleção direta (tabela 23).

Considerando os pares de locais que não apresentaram interação progênie x ambiente, suas herdabilidades e a correlação genética entre estes

locais (tabelas 14, 21 e 23), é possível observar as eficiências relativas aos locais de seleção e plantio (tabela 24).

TABELA 23: CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE LOCAIS A PARTIR DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS DE *P. greggii*

Pares de locais	r_g progênie	r_g procedência
Telêmaco Borba e Correia Pinto	0,94	1,12
Telêmaco Borba e Ponta Grossa	0,16	0,55
Telêmaco Borba e Campo do Tenente	0,90	1,15
Correia Pinto e Ponta Grossa	-0,04	0,17
Correia Pinto e Campo do Tenente	0,60	1,11
Ponta Grossa e Campo do Tenente	-0,11	0,09
Telêmaco Borba, Correia Pinto, Ponta Grossa e Campo do Tenente	0,40	0,81

Pelos valores de correlação genética, é possível escolher dois locais para a seleção, que poderiam atender a um programa de melhoramento. Os locais escolhidos para a seleção seriam: Telêmaco Borba, visando o plantio em Telêmaco Borba, em Correia Pinto e em Campo do Tenente (tabela 24) e, Ponta Grossa, visando o plantio no mesmo local. Ponta Grossa deve ser considerada isoladamente devido à baixa correlação (tabela 23) com todos os outros locais.

TABELA 24: EFICIÊNCIA EM GANHO GENÉTICO DAS SELEÇÕES DIRETAS (DIAGONAL) E INDIRETAS (ELEMENTOS FORA DA DIAGONAL) EM DAP ENVOLVENDO OS LOCAIS

		LOCAL DE SELEÇÃO		
		Telêmaco Borba	Correia Pinto	Campo do Tenente
LOCAL DE PLANTIO	Telêmaco Borba	1,00	0,72	0,72
	Correia Pinto	1,24	1,00	0,63
	Campo do Tenente	1,13	0,57	1,00

Como detectado pela análise de variância envolvendo pares de ambiente, os locais Telêmaco Borba e Campo do Tenente são promissores para a seleção indireta, devido à ausência de interação entre genótipos e ambientes. A seleção nesse caso, porém, deve considerar as eficiências em ganho com a seleção indireta e direta para garantir a melhor estratégia de melhoramento.

Nos casos de interação entre genótipo e ambiente a correlação fenotípica é sempre inferior à genética. Considerando-se a seleção genética, ao nível de indivíduo e para uma grande população (acima de 1.000 indivíduos), o material selecionado em Telêmaco Borba pode atender Correia Pinto e Campo do Tenente com conseqüente acréscimo de 24 e 13 pontos percentuais em relação à seleção direta nestes locais, respectivamente. Nas mesmas condições, a seleção em Correia Pinto e Campo do Tenente, para plantio em Telêmaco Borba, por sua vez, acarretaria em uma perda de eficiência de 28 pontos percentuais em relação à seleção direta neste local. Isso significa que, para atender a um programa de melhoramento para Telêmaco Borba, a seleção deve ser feita neste mesmo local para evitar perdas em eficiência, otimizando o potencial genético existente.

Como este resultado foi obtido das análises das progênies nos locais, ele retrata o potencial dos indivíduos como matrizes para a produção de sementes. Para a multiplicação de fenótipos superiores identificados nos experimentos, há necessidade do estabelecimento de teste clonal no local onde se deseja introduzi-lo, previamente à multiplicação comercial, para a confirmação de seu valor genotípico.

4.6 FORMA DO FUSTE

O trabalho de avaliação em campo mostrou que a identificação de fustes com formas anômalas é dificultada em idades jovens devido à forma e densidade das copas. As notas 4 e 5 (tabela 25), que representam fustes com formas aceitáveis para a comercialização, chegou a 40% do total, aos oito anos de idade, em Telêmaco Borba, enquanto que, aos três anos de idade, apresentou valores percentuais mais elevados (próximos à 90%), em Ponta Grossa e Campo do Tenente.

Através das notas médias para a forma do fuste nos experimentos com diferentes idades, houve tendência de melhores formas nas idades jovens. Porém, a forma das árvores, segundo a classificação utilizada neste trabalho, foi avaliada apenas uma vez, não sendo possível correlacionar a forma do fuste com a idade.

TABELA 25: FREQUÊNCIA DAS NOTAS DE FORMA DE *P. greggii* NOS LOCAIS DE AVALIAÇÃO.

Local	Idade de avaliação da forma	Frequência por nota (%)		
		1 e 2	3	4 e 5
Ponta Grossa	3	1,8	10,3	87,9
Campo do Tenente	3	2,0	10,9	87,1
Correia Pinto	5	19,4	30,7	49,9
Telêmaco Borba	8	15,9	44,3	39,8

A correlação entre o ordenamento das progênes de um local para outro (tabela 26), considerando-se uma classificação das progênes em função das notas para a forma, mostrou que as melhores progênes se repetem. As progênes 26 e 38 (ambas da procedência Laguna Atezca) foram as que apresentaram melhores médias para a forma em todos os locais (tabela 27). Este resultado foi um indício do controle genético sobre a forma do fuste em *P. greggii*, sendo um aspecto positivo para expectativas de ganho através do melhoramento. Isto mostra que o bom desempenho de determinada família para a forma do fuste não foi devido somente à influência ambiental, uma vez que foi observado em diferentes locais, estando o efeito genético também associado.

TABELA 26: COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN PARA A FORMA ENTRE PROGÊNES DE *P. greggii* NOS LOCAIS DE AVALIAÇÃO.

	Campo do Tenente	Ponta Grossa	Correia Pinto	Telêmaco Borba
Campo do Tenente	-	0,77**	0,81**	0,73**
Ponta Grossa	-	-	0,73**	0,65**
Correia Pinto	-	-	-	0,82**
Telêmaco Borba	-	-	-	-

** significativo com 1% de probabilidade de erro.

TABELA 27: CLASSIFICAÇÃO FENOTÍPICA DAS PROGÊNIES DE *P. greggii* PARA A FORMA NOS LOCAIS DE AVALIAÇÃO.

LOCAL	Campo do Tenente	Ponta Grossa	Correia Pinto	Telêmaco Borba
ORDEM	PROGÊNIES			
1	26	26	26	38
2	38	38	38	35
3	5	18	30	18
4	18	30	5	30
5	35	37	6	5
6	30	5	35	26
7	8	109	37	6
8	12	104	18	37
9	37	35	8	19
10	6	8	16	13
11	7	6	9	16
12	9	9	17	109
13	109	11	101	100
14	16	17	19	8
15	104	100	109	7
16	11	111	13	11
17	101	16	104	9
18	13	12	108	17
19	17	101	7	101
20	19	108	12	104
21	100	7	11	108
22	108	19	100	12
23	103	13	103	111
24	111	103	111	103

Não houve variação estatisticamente significativa para a forma do fuste somente em Telêmaco Borba dentro da procedência Laguna Atezca. Como a variação entre progênies, para a forma do fuste e para o crescimento, foram altamente significativas em todos os locais, existe a possibilidade de obtenção de ganho genético com a seleção para ambas as características.

Os coeficientes de variação experimentais foram menores nas procedências do norte, ao contrário do que ocorreu com o DAP, indicando que a análise foi mais precisa para esta característica, mesmo quando a procedência foi representada por um pequeno número de progênies. A precisão, porém, não pode

ser associada à representatividade das procedências em questão. Correia Pinto foi o local mais propício à expressão da variabilidade genética da forma do fuste, indicado pelo maior coeficiente de variação genético.

A procedência Laguna Seca foi responsável por cerca de 60% das progênies com as piores formas em todos os experimentos avaliados. As progênies 100, 101, 103, 104, 108, 109 e 111, pertencentes a esta procedência, estiveram sempre entre as 10 progênies que apresentaram as piores formas em todos os locais (tabela 27).

Os valores médios de cada procedência para a forma, mostram a superioridade da procedência Laguna Atezca para esta característica em todos os locais, responsável por cerca de 50% das progênies com as melhores formas nos experimentos avaliados. Isto auxilia nas decisões em um programa de melhoramento, tendo que, dentre progênies com produtividades altas e semelhantes entre si, seria adequado a opção pelas progênies de Laguna Atezca, obtendo ganhos também para a forma do fuste. A existência de variação entre as procedências é um indicativo desta possibilidade.

TABELA 28: ANÁLISE DE VARIÂNCIA INDIVIDUAL DA FORMA ENTRE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *P. greggii* NOS QUATRO LOCAIS DE ESTUDO

Local	Telêmaco Borba					Ponta Grossa					Correia Pinto					Campo do Tenente				
Idade	(oito anos)					(três anos)					(cinco anos)					(três anos)				
Fonte de Variação	x	GL	QM	F	C.V.	x	GL	QM	F	C.V.	x	GL	QM	F	C.V.	x	GL	QM	F	C.V.
Blocos		8	2,02	9,55			8	0,37	3,86			8	1,17	5,03			8	0,93	8,28	
Procedências		2	17,22	14,50**			3	12,30	9,83**			2	35,08	27,87**			4	9,17	11,50**	
Prog./Procedências		45	0,50	2,37**			42	1,27	13,17**			43	1,10	4,74**			33	0,70	6,29**	
Prog./El Madroño	3,3	15	0,47	2,21**	14,5	4,3	15	0,54	5,64**	8,5	3,2	15	0,95	4,10**	15,7	4,2	15	0,76	6,75**	8,3
Prog./Laguna Atezca	3,7	15	0,33	1,55 ns	11,7	4,8	11	0,19	2,01*	4,7	3,9	15	0,67	2,87**	11,7	4,5	7	0,29	2,63*	4,8
Prog./Laguna Seca	3,0	15	0,71	3,36**	15,7	4,1	15	2,87	29,76**	9,7	2,9	13	1,77	7,64**	16,4	3,9	8	1,19	10,60**	11,0
Prog./Las Placetas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	1	0,01	0,06 ns	1,6
Prog./Jame	-	-	-	-	-	2,4	1	0,03	0,28 ns	2,4	-	-	-	-	-	4,9	2	0,16	1,43 ns	4,5
C.V. _g			10,81					16,39					18,43					11,97		

GL = graus de liberdade; X = nota média da forma na procedência; C.V. = coeficiente de variação do erro experimental (%); C.V._g = coeficiente de variação genética (%); * = significativo com 5% de probabilidade de erro; ** = significativo com 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

A herdabilidade da forma do fuste no sentido restrito variou de 0,14 a 0,93 entre os locais. Elevadas estimativas de herdabilidade, com grande amplitude de variação, também foram detectadas para a forma do fuste em pinus tropicais. SAMPAIO (1996) encontrou estimativas de herdabilidade ao nível de indivíduo no bloco variando entre procedências de 0,12 a 0,86, para *P. oocarpa* e de 0,12 a 0,41, para *P. maximinoi*.

O desvio padrão associado à estimativa da herdabilidade no sentido restrito em Telêmaco Borba e Correia Pinto, indicam a maior precisão das estimativas de ganho genético (tabela 30), quando comparados aos desvios das estimativas de herdabilidade em Ponta Grossa e Campo do Tenente (tabela 29).

TABELA 29: HERDABILIDADES DA FORMA AO NÍVEL DE INDIVÍDUO NO BLOCO E INDIVÍDUO NO EXPERIMENTO EM *P. greggii* PARA AS PROCEDÊNCIAS DO CENTRO-LESTE DO MÉXICO

Local	Idade	h^2_{ib}	h^2_{ie}
Telêmaco Borba	8 anos	0,16 \pm 0,04	0,15 \pm 0,04
Correia Pinto	5 anos	0,14 \pm 0,04	0,14 \pm 0,04
Ponta Grossa	3 anos	0,93 \pm 0,12	0,92 \pm 0,12
Campo do Tenente	3 anos	0,57 \pm 0,10	0,54 \pm 0,10

h^2_{ib} = herdabilidade no sentido restrito ao nível de indivíduo no bloco; h^2_{ie} = herdabilidade no sentido restrito ao nível de indivíduo no experimento.

As estimativas de herdabilidade em Ponta Grossa assumiram valores maiores que a unidade (0,83 a 1,05) em função do desvio-padrão associado. Este resultado pode demonstrar uma falta de ajuste do modelo em função da amostragem. As herdabilidades foram estimadas a partir de testes de procedência e progênie, os quais não têm a finalidade de estimar parâmetros genéticos

(KIKUTI, 1988) e, conseqüentemente, não foram delineados para cumprir com este objetivo. Para uma estimativa mais precisa da herdabilidade, um número maior de progêies deveria ser envolvido nos ensaios (SHIMIZU et al., 1982).

TABELA 30: GANHOS GENÉTICOS (%) NA FORMA DE *P. greggii* DECORRENTES DA SELEÇÃO ATRAVÉS DO ÍNDICE MULTI-EFEITOS NO EXPERIMENTO:

LOCAL	MÉDIA ATUAL	GANHO (%) ^a	NOVA MÉDIA
Telêmaco Borba	3,3	28,14	4,2
Correia Pinto	3,4	29,69	4,4
Ponta Grossa	4,4	22,91	5,4
Campo do Tenente	4,2	23,98	5,2

^a: ganho acumulado decorrente da seleção de 30 indivíduos para estabelecimento de Pomar de Sementes Clonal.

Os resultados do experimento em Poços de Caldas (FERREIRA & MASCARENHAS SOBRINHO, 1972) indicaram *P. greggii* como uma espécie promissora quando comparado a outras espécies deste gênero, mas, devido aos problemas encontrados na formação do fuste, recomendaram-se estudos para a exploração da variabilidade genética desta característica. O presente trabalho detectou a existência desta variabilidade, indicando a possibilidade de elevar a frequência de indivíduos nas melhores classes de forma na população.

A madeira de *P. greggii* aparenta ter potencial para uso em produtos sólidos por ser facilmente descascada e serrada (MALAN, 1994), apresentando densidade satisfatória para este objetivo (entre 450 kg/m³ e 550 kg/m³; MURILLO, 1988), além de produzir papel com resistência ao rasgo, ao estouro e à tração, quando comparado a outras espécies (SHARMA et al., 1987b).

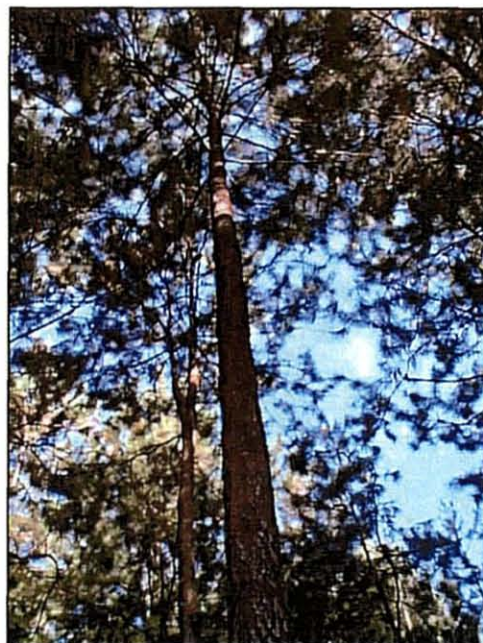


FIGURA 9: *P. greggii* EM TESTE DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES AOS 10 ANOS DE IDADE NO PARANÁ.

Estas informações, aliadas a um potencial de crescimento no mínimo comparável ao das espécies utilizadas comercialmente nas regiões dos testes, podem justificar os programas de melhoramento genético para a forma do fuste. É interessante a realização de um estudo de viabilidade econômica que justifique os investimentos no programa e possibilite uma prospecção do retorno a ser obtido. Ainda, ensaios para determinação da qualidade da madeira para produto sólido e para a produção de polpa e papel devem ser realizados com amostras de madeira dos locais testados para verificar se os dados se aplicam também a estes ambientes. Quanto à forma, os programas de melhoramento com *P. greggii* para o sul do Brasil devem considerar que, em experimentação, as piores formas de fuste estiveram associadas à procedência Laguna Seca e as melhores à procedência Laguna Atezca.

A alta variabilidade ambiental existente no Brasil faz com que diferentes gêneros e espécies componham seus reflorestamentos. Esta variabilidade mostra a importância de que a extrapolação dos resultados obtidos neste trabalho ocorra apenas para regiões com condições edafo-climáticas semelhantes às das áreas ensaiadas. Porém, deve-se considerar ainda que os tratamentos silviculturais têm grande influência no desempenho de um povoamento florestal, independentemente da região, além de que o comportamento fitossanitário de *P. greggii* no Brasil ainda foi pouco explorado.

5. CONCLUSÕES

- a) As procedências de *P. greggii* do centro-leste do México apresentam potencial de crescimento para plantios comerciais em Telêmaco Borba, Ponta Grossa, Correia Pinto e Campo do Tenente;
- b) As poucas procedências de *P. greggii* do norte do México testadas não apresentaram potencial para plantio nos locais de estudo;
- c) É possível elevar a média de crescimento em *P. greggii* proveniente da região centro-leste do México, através da seleção, explorando a variabilidade genética detectada;
- d) Para o crescimento em DAP, a seleção genética ao nível de indivíduo em Telêmaco Borba pode trazer ganhos em eficiência para o plantio em Campo do Tenente e em Correia Pinto em relação à seleção direta nestes locais. Para os locais Ponta Grossa e Telêmaco Borba, maior eficiência seria obtida através da seleção direta;
- e) As más formas observadas em *P. greggii* estão associadas em grande parte à procedência Laguna Seca. Explorando a variabilidade genética existente entre e dentro de procedências é possível elevar a média para a forma do fuste na população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, J. C. Correlações entre características das plantas de sete procedências de *P. oocarpa* SCHIEDE, nas localidades de Agudos – SP e Sete Lagoas – MG. **IPEF- Circular Técnica**, Piracicaba, n. 134, 1981, p.1-9.
- BARNES, R. D.; STYLES, B. T. The closed-cone pines of Mexico and Central America. **Commonwealth Forestry Review**, Oxford - Inglaterra, 1983, 62(2): 81-84.
- BORSATO, R.; HIGA, A. R.; MORA, A. L. **Avaliação da Forma do Fuste em Espécies Florestais para Fins de Seleção**. Trabalho apresentado como Tópico Especial do Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1999 (não publicado).
- CAMCORE. **Annual report - 1998**. Raleigh: North Carolina State University, 1998.
- _____. **Annual report - 1999**. Raleigh: North Carolina State University, 1999.
- CAMPOS de, H. **Estatística experimental não paramétrica**. 3^a ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 1979.
- CASTRO, N. H. de. **Número de repetições e eficiência da seleção em progênies de meio irmãos de *Eucalyptus camaldulensis***. Lavras, 1992. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura de Lavras – Minas Gerais.
- COSTA, R. B. da. **Métodos de seleção, interação genótipo x ambiente e ganho genético para o melhoramento da seringueira no estado de São Paulo**. Curitiba, 1999. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- CROW, J. F. **Fundamentos de genética**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1981.

DARROW, W. K.; COETZEE, H. Potentially valuable Mexican pines for the summer rainfall region of Southern Africa. **South African Forestry Journal**, Pretoria-SA, n. 124, 1983, p. 23-25.

DHAWAN, R.; KARIRA, B. G.; SHARMA Y. K. Dissolving grade pulps from tropical pines. **Indian Forester**, Dehra Dun - India, 1990, 116(8): 650-654.

DONAHUE, J. K. **Project initiation report for project 33 – *Pinus greggii***. Raleigh : College of Forest Resources, Department of Forestry-North Carolina State University/CAMCORE COOPERATIVE, 1989.

_____. **Geographic variation in *Pinus greggii* Engelm. in relation to soil acidity**. North Carolina, USA, 1990. Tese de Mestrado, North Carolina State University.

_____. Geographic variation in *Pinus greggii* seedlings in relation to soil acidity. In: IUFRO Conference Breeding Tropical Trees: Resolving Tropical Forest Resources Concerns Through Tree Improvement, Gene Conservation and Domestication of New Species (1993 : Cartagena e Cali). **Proceedings...** Colombia : IUFRO, 1993. p. 172-177.

_____; PERRY, J. P.; SQUILLACE, A. E.; LIU, S. Geographic variation in stem-xylem terpene chemistry in native populations of *Pinus greggii* Engelm. **Forest Genetics**, Zvolen - Slovakia, 2(4):217-225, 1995.

_____; LOPEZ UPTON, J. Geographic variation in leaf, cone and seed morphology of *Pinus greggii* in native forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam - Holanda, n. 82: 145-157, 1996.

DVORAK, W. S.; DONAHUE, J. K. **CAMCORE cooperative research review 1980-1992**. Raleigh : College of Forest Resources - North Carolina State University. 93 p., 1992.

_____; KIETZKA, J. E.; DONAHUE, J.K. Three-year survival and growth of provenances of *Pinus greggii* in the tropics and subtropics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam - Holanda, 83: 123-131, 1996.

_____. **Draft copies of chapters on *Pinus greggii*, *Pinus oocarpa*, *Pinus patula* and *Pinus tecunumanii***. Tropical Tree Seed Manual. No prelo.

- DWIVEDI, A. P.; THAPAR, H. S. An evaluation of the performance of exotic pines at New Forest. **Indian Forester**, Dehra Dun - India, 116(4): 268-277, 1990.
- ENDO, M. Twelve years of contribution to reforestation in the Andean region of Colombia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam - Holanda, 1994, 63(2/3): 219-233.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Trad. de Martinho de Almeida e Silva e José Carlos Silva. Viçosa : UFV/Impr. Univ., 1987.
- FERREIRA, M.; MASCARENHAS SOBRINHO, J. The introduction of Mexican pines into the region of Poços de Caldas. **IPEF**, Piracicaba, 1972, n. 4: 95-109.
- GARCIA, C. H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. **IPEF-Circular Técnica**, Piracicaba, n. 171. 1989.
- GHOSH, R. C.; SINGH, B.; SHARMA, K. K. Suitability trials of different species and provenances of pines in the Doon Valley of India. **Indian Forester**, Dehra Dun - India, 1981, 107(3): 135-150.
- GOMES, F. P. **A estatística moderna na agropecuária**. 3^a ed. Piracicaba: Potafos, 1987.
- KIETZKA, J. E.; DENISON, N. P.; DVORAK, W. S. *Pinus greggii* a promising new species for South Africa. In: Dieters, M. J., Matheson, A. C., Nikles, D. G., Hardwood, C. E., Walker, S. M. (eds). **Tree improvement for sustainable tropical forestry**. Proc. QFRI-IUFRO Conf., Caloundra, Queensland, Australia, 1996, p. 42-45.
- KIKUTI, P. **Parâmetros genéticos em progênies de meio irmãos e clonais numa população de *Eucalyptus grandis* (HILL) Maiden na região de Telêmaco Borba - PR**. Piracicaba, 1988. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - ESALQ/USP.
- LOPEZ-PERALTA, M.C.; SANCHEZ-CABRERA, I. International symposium on plant biotechnology and its contribution to plant development, multiplication and improvement. **Acta Horticulturae**, Geneva, Switzerland, 1991, n. 289, p.129-130.

- MACLAREN, J. P.; KIMBERLY, M. O. Varying selection ratios (initial *versus* final crop stocking) in *Pinus radiata* evaluated with the use of MARVL. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua - Nova Zelândia, 1991, 21(1): 62-76.
- MALAN, F. S. The wood properties and quality of *Pinus pringlei* Shaw and *P. greggii* Engelm. compared with that of *P. patula* and *Pinus elliottii* grown in South Africa. **South African Forestry Journal**, Pretoria, 1994, n.171: 43-52.
- MIROV, N. T. **The genus *Pinus***. New York : The Ronald Press Company, 1967. 602 p., il.
- MORA, A. L. **Interação com espaçamentos e locais em clones de *Eucalyptus* spp. no norte do estado da Bahia**. Piracicaba, 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - ESALQ/USP.
- MURILLO, O. Natural variation in wood specific gravity of *Pinus greggii*, *P. leiophylla* and *P. pringlei*. **CAMCORE – Bulletin on Tropical Forestry**, Raleigh, n. 5, 1988.
- NAMKOONG, G. Inbreeding effects on estimation of genetic additive variance. **Forest Science**, 1966, 12:8-13.
- NAMKOONG, G.; SNYDER, E. B.; STONECYPHER, R. Heritability and gain concepts for evaluating breeding systems such as seedling orchards. **Silvae Genetica**, 1966, 15:76-84.
- NEIL, P. E.. Research experience with pines in Nepal. **Banko Janakari**, Nepal, 1989, 2(2): 103-107.
- _____. Estimates of volume and biomass from *Pinus greggii* in Nepal. **Banko Janakari**, Nepal, 1990, 2(4): 395-398.
- _____. A role for *Pinus maximinoi* and *Pinus greggii* in Nepal's afforestation efforts. **Commonwealth Forestry Review**, Oxford - Inglaterra, 1991, 70(4): 191-200.
- OTEGBEYE, G.O. Genetic variation in growth and form characteristics of *Pinus caribaea*. **Silvae Genetica**, Frankfurt - Alemanha, 1988, 37(5/6): 231-236.

PERRY, J. R. **The pines of Mexico and Central America**. Portland : Timber Press, 1991.

PIRES, I. E.; DRUMOND, M. A. Parâmetros genéticos em florestas. In: **Seminário apresentado na disciplina de melhoramento florestal**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1983, p. 1-38.

POYNTON, R. J. **Tree planting in Southern Africa**. Vol. 1. The *Pines*. Republic of South Africa. 1977. S. A. Forestry Research Institute. Department of Forestry, 575 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 2. ed. São Paulo: Globo, Lavras, MG : Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 1990.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas..** Editora da UFV, Goiânia, 1993, 271 p.

RAMIREZ HERRERA, C. **Evaluación de la diversidad genética en poblaciones naturales de *Pinus greggii***. Dissertação de Mestrado, Universidad Autónoma Chapingo, Mexico, 1993, 90 p.

RESENDE, M. D. V. de; ARAUJO, A. J. de. Modelo genético-estatístico e delineamento experimental para estimação de componentes da variação genética e parâmetros genéticos em teste de progênies com indivíduos repetidos clonalmente. **Rev. Floresta**, Curitiba, 1993, 23(1/2):35-45.

_____. Correlação intraclasse entre valores genéticos e implicações na comparação de métodos de seleção. **Revista Floresta**, 1994, v. 24, n. 1/2, p. 12-20.

_____; HIGA, A. R. Maximização da eficiência da seleção em testes de progênies de *Eucalyptus* através da utilização de todos os efeitos do modelo matemático. **Embrapa/CNPF - Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, 1994, n. 28/29, p. 37-56.

_____; OLIVEIRA, E. B. de; MELINSKI, L. C; GOULART, F. S.; OAIDA, G. R. P. **Seleção genética computadorizada – Selegen “Best Prediction”**. Manual do usuário. Colombo: EMBRAPA – CNPF. 1994, 31 p.

- _____; ARAUJO, A. J. de; SAMPAIO, P. de T. B.; WIECHETECK, M. S. S. Acurácia seletiva, intervalos de confiança e variâncias de ganhos genéticos associados a 22 métodos de seleção em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta**, Curitiba, 1995, 25 (1/2):3-16.
- _____. Interação genótipo x ambiente e número adequado de locais de experimentação com base nas estatísticas F de Snedecor da análise de variância conjunta. **Embrapa/CNPq - Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, 1998, n. 37, p. 55-66.
- _____. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. (ed.). **Melhoramento de plantas alógamas: culturas agrônômicas**. Viçosa : UFV, 1999. p. 589 - 647.
- _____; FERNANDES, J. S. C. Procedimentos BLUP individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. **Revista de Matemática e Estatística**. São Paulo, 1999, v. 17, p. 89-107.
- _____; ROSA-PEREZ, J. R. H. **Genética Quantitativa e Estatística no Melhoramento Animal**. Imprensa Universitária, Universidade Federal do Paraná/UFPR. 1999. 494 p.
- SAMPAIO, P. de T. B. **Variação genética entre procedências e progênes de, *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf. e *Pinus maximinoi* H. E. Moore e métodos de seleção para melhoramento genético**. Curitiba, 1996. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- SATO, S. **Estimativas de herdabilidade e correlações entre caracteres de crescimento e foxtailing em *Pinus caribaea* (Barr. e Golf.)**. Viçosa, 1980. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - , Universidade Federal de Viçosa.
- SHARMA, Y. K.; BHANDARI, K. S., SRIVASTAVA, A. Assessment of tropical pines for pulping and paper making characteristics. **Indian Forester**, Dehra Dun - India, 1987a, 113(2): 127-139.
- _____, Y. K.; BHANDARI, K. S.; DHOUNDIYAL, S. N. et al. Note on pilot plant trials on pulp and paper making characteristics of *Pinus greggii* and *Pinus pseudostrobus*. **Indian Forester**, Dehra Dun - India, 1987b, 113(7): 479-483.

SHELBOURNE, C. J. A. Breeding for stem straightness in Conifers. In: SECOND WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING (1969 : Washington). **Anais..** Washington, 1969.

SHELBOURNE, C. J. A.; NAMKOONG, G. Photogrammetric technique for measuring bole straightness. In: SOUTHERN CONFERENCE ON FOREST TREE IMPROVEMENT (8. : 1965 : Savannah). **Proceedings...** Macon: Georgia Forest Research Council, 1966. p.131-6.

SHIMIZU, J. Y.; KAGEYAMA, P. Y.; HIGA, A. R. Procedimentos e recomendações para estudos de progênies de essências florestais., **EMBRAPA/CNPQ - Documentos**, Colombo, n. 11, 1982.

SNYDER, E. B. **Glossary for forest tree improvement workers.** Washington:USDA. Forest Service, 1972, 22 p.

SQUILLACE, A. E.; BINGHAM, R. T.; NAMKOONG, G.; ROBINSON, H. F. Heritability of juvenile growth rate and expected gain from selection in western pine. **Silvae Genetica**, Frankfurt - Alemanha, 1967, 16:1-6.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics – a biometrical approach.** 2^a ed. New York : McGraw-Hill Book Company, 1980.

VASQUEZ PENA, S.; PIMENTEL BRIBIESCA, L. Characteristics of the progeny of young plantations of *Pinus greggii* (second stage). **Revista Chapingo**, México, 1988, 13(60/61): 83:86.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Eds.). **Melhoramento e produção do milho.** 2 ed. Campinas: Fundação Cargil, 1987, cap. 5, p. 137-214.

WRIGHT, J. W. **Introduction to forest genetics.** Department of Forestry. Michigan State University : Academic Press, 1976, 463 p.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied Forest Tree Improvement.** Raleigh : North Carolina State University : John Wiley & Sons, 1984.

ZUFA, L. **The heritability of the stem form of black poplar (*Populus nigra*).** Second World Consultation on Forest Tree Breeding. Washington, 1969.